



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **“IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIÉSEL DE RIEL COMÚN APLICADO A LOS CAMIONES PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”**

**JORGE LUIS CUEVA BEDÓN  
ROLANDO GEOVANNY ZUÑIGA PEÑAFIEL**

## **TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

## **INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA - ECUADOR  
2016**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-07-10

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**CUEVA BEDÓN JORGE LUIS  
ZUÑIGA PEÑAFIEL ROLANDO GEOVANNY**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE  
INYECCIÓN DIÉSEL DE RIEL COMÚN APLICADO A LOS CAMIONES  
PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Luis Buenaño Moyano  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

Ing. Bolívar Cuaical Angulo  
**ASESOR DE TESIS**

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CUEVA BEDÓN JORGE LUIS

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIÉSEL DE RIEL COMÚN APLICADO A LOS CAMIONES PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2016-06-29

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Celin Padilla Padilla <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Luis Buenaño Moyano <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Bolívar Cuaical Angulo <b>ASESOR DE TESIS</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Celin Padilla Padilla  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ZUÑIGA PEÑAFIEL ROLANDO GEOVANNY

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIÉSEL DE RIEL COMÚN APLICADO A LOS CAMIONES PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2016-06-29

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Celin Padilla Padilla <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Luis Buenaño Moyano <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Bolívar Cuaical Angulo <b>ASESOR DE TESIS</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Celin Padilla Padilla  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Cueva Bedón Jorge Luis**

---

**Zuñiga Peñafiel Rolando Geovanny**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Jorge Luis Cueva Bedón y Rolando Geovanny Zuñiga Peñafiel, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Cueva Bedón Jorge Luis**

---

**Zuñiga Peñafiel Rolando Geovanny**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta Tesis a mi padre Dios por haberme permitido llegar hasta este lugar y haberme dado la salud para lograr mis objetivos planteados.

Con mucho amor a mis padres Jorge y Amparo, por ser la fuerza y motor en mi vida, por su respeto, su cariño y comprensión en los buenos y malos momentos, a ellos que han dado todo lo que soy como persona, mis principios y mis valores.

Para mis hermanos Darío y Sheyla quienes con su cariño y amor apoyaron en diversas formas para que yo pueda conseguir mis metas y objetivos que me he propuesto alcanzar.

A mi novia Katherine y a mi hijo Jorge Emilio por su compañía y apoyo constante durante todo mi periodo académico, por ser mí apoyo incondicional en mi vida.

**Jorge Luis Cueva Bedón**

A Dios por proporcionarme salud, amparo y conocimientos para lograr exitosamente todas las metas planteadas en mi vida.

A mis padres Piedad y Gustavo, por brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida, sabios consejos y por su infinito amor que me ha permitido conseguir el éxito, por formarme como un hombre de bien.

A mis hermanos Roberto, Neiser, por estar siempre unidos y pendientes ante cualquier circunstancia adversa de la vida y demostrar que no existe meta imposible en la vida.

A mi novia Erika por su comprensión, su apoyo, sus consejos para salir adelante, por compartir bellos momentos conmigo.

**Rolando Geovanny Zuñiga Peñañiel**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a la universidad ESPOCH por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi director de tesis el Ing. Luis Buenaño y a mi asesor Ing. Bolívar Cuaical por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus conocimientos científicos, así como también haberme tenido toda la paciencia para guiarme durante el desarrollo de la tesis.

**Jorge Luis Cueva Bedón**

Quiero expresar mis sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma durante el desarrollo de este proyecto de tesis y durante mi formación profesional

Sobre todo quiero agradecer a mis padres y familiares por su apoyo incondicional en todo momento, de igual manera al Ing. Luis Buenaño, director de tesis y al Ing. Bolívar Cuaical, asesor de tesis por su valiosa colaboración para el desarrollo de este trabajo.

**Rolando Geovanny Zuñiga Peñafiel**



# CONTENIDO

Pag.

## 1. INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación .....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	<i>Objetivo general.</i> ....	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i> .....	2

## 2. MARCO TEÓRICO

2.1	Investigación del sistema de inyección diésel de riel común en función del estado actual del ARTE. ....	4
2.1.1	<i>Composición del sistema CRDI en general.</i> .....	6
2.2	Clasificación de los sistemas de inyección electrónica diésel CRDI. ....	6
2.2.1	<i>Estructura y funcionamiento del sistema CRDI Denso.</i> .....	7
2.2.1.1	<i>Bomba de suministro.</i> .....	7
2.2.1.2	<i>Descripción de los componentes de la bomba de suministro.</i> .....	9
2.2.1.3	<i>Inyector Denso.</i> .....	11
2.3	Ventajas del sistema de inyección electrónica CRDI. ....	12
2.4	Actuadores del sistema CRDI.....	13
2.4.1	<i>Recirculación de los gases de escape (EGR).</i> .....	13
2.4.2	<i>Válvula de control de mariposa EGR.</i> .....	14
2.4.3	<i>Válvula de control de presión del riel</i> .....	14
2.4.4	<i>Control de la bujía incandescente</i> .....	15
2.4.5	<i>Inyector.</i> .....	15
2.5	Sensores del sistema CRDI.....	16
2.5.1	<i>Sensor de posición del cigüeñal CKP.</i> .....	17
2.5.2	<i>Sensor de fase CMP.</i> .....	17
2.5.3	<i>Sensor del pedal del acelerador APP.</i> .....	18
2.5.4	<i>Sensor de la presión del riel de combustible.</i> .....	19
2.5.5	<i>Sensor de temperatura del refrigerante.</i> .....	20
2.5.6	<i>Sensor de temperatura de combustible.</i> .....	20
2.5.7	<i>Sensor de presión absoluta en el colector de admisión MAP.</i> .....	21
2.6	ECM del sistema CRDI. ....	21
2.6.1	<i>Condiciones de aplicación.</i> .....	22
2.6.2	<i>Estructura.</i> .....	22

## 3. DISEÑO Y SELECCIÓN

3.1	Diseño de la estructura del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.....	23
3.1.1	<i>Modelado de la estructura del tablero didáctico.</i> .....	23
3.1.2	<i>Estudio estático de la estructura del tablero didáctico.</i> .....	23
3.2	Selección de materiales para la elaboración de la estructura del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI. ....	28
3.2.1	<i>Tubo estructural ASTM A36.</i> .....	28
3.2.2	<i>Ángulo estructural ASTM A36.</i> .....	29
3.2.3	<i>Platina ASTM A36.</i> .....	30

3.2.4	<i>Láminas metálicas ASTM A653.</i>	30
3.2.5	<i>Tabla triplex</i>	31
3.3	Selección de elementos para el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.	32
3.3.1	<i>Tanque de combustible.</i>	32
3.3.2	<i>Filtro de combustible.</i>	32
3.3.3	<i>Bomba de alta presión.</i>	33
3.3.4	<i>Riel de inyectores.</i>	34
3.3.5	<i>Inyectores.</i>	35
3.3.6	<i>Sensores.</i>	35
3.3.7	<i>Cañerías de baja presión.</i>	36
3.3.8	<i>Cañerías de alta presión.</i>	36
3.3.9	<i>Acoples rápidos de baja presión.</i>	37
3.3.10	<i>Motor de combustión interna.</i>	38
3.3.11	<i>Banda de transmisión.</i>	39
3.3.12	<i>Fuente de alimentación.</i>	39
3.3.13	<i>Volante de inercia.</i>	40
3.3.14	<i>Rueda del sensor CMP</i>	40
3.4	Selección de los elementos de seguridad para el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.	41
3.4.1	<i>Caja de Vidrio templado.</i>	41
3.4.2	<i>Ducto flexible de aluminio.</i>	42
3.4.3	<i>Avisos de advertencia.</i>	42
<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN Y ENSAMBLAJE DE PARTES</b>	
4.1	Construcción de la estructura metálica para el soporte del sistema de inyección electrónica CRDI.	43
4.1.1	<i>Corte de los materiales a utilizar en la estructura metálica.</i>	43
4.1.2	<i>Ensamblaje de los materiales para formar la estructura metálica.</i>	44
4.1.3	<i>Colocación de complementos a la estructura metálica.</i>	49
4.1.4	<i>Acabados de la estructura metálica.</i>	51
4.2	Instalación de componentes del sistema de inyección electrónica CRDI.	54
4.2.1	<i>Instalación del sistema de baja presión.</i>	54
4.2.1.1	<i>Implementación del tanque de combustible.</i>	54
4.2.1.2	<i>Instalación de las cañerías de baja presión del sistema.</i>	54
4.2.1.3	<i>Colocación del filtro de combustible.</i>	56
4.2.2	<i>Instalación del sistema de alta presión.</i>	56
4.2.2.1	<i>Colocación de la bomba de alta presión.</i>	56
4.2.2.2	<i>Instalación de las cañerías de alta presión.</i>	57
4.2.2.3	<i>Montaje del riel común y los inyectores.</i>	58
4.2.3	<i>Instalación del sistema de vaciado de las probetas.</i>	58
4.2.3.1	<i>Colocación de las probetas de medición.</i>	58
4.2.3.2	<i>Instalación de las mangueras de retorno de las probetas.</i>	59
4.3	Adaptación del motor y del mecanismo que transmite el movimiento al sistema de inyección electrónica CRDI.	59
4.3.1	<i>Adaptación del motor y sus sistemas.</i>	59
4.3.1.1	<i>Colocación del motor.</i>	59
4.3.1.2	<i>Instalación del sistema eléctrico del motor.</i>	61
4.3.1.3	<i>Adaptación del sistema mecánico del motor.</i>	61
4.3.2	<i>Adaptación de los mecanismos que transmiten el movimiento.</i>	62

4.3.2.1	<i>Transmisión del movimiento a la bomba de alta presión.</i>	62
4.3.2.2	<i>Transmisión del movimiento a la rueda del sensor CMP.</i>	63
4.3.2.3	<i>Transmisión del movimiento a la rueda del sensor CKP.</i>	63
<b>5.</b>	<b>PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA CRDI</b>	
5.1	Plan de pruebas.	64
5.1.1	<i>Pruebas eléctricas del sistema de inyección electrónica CRDI.</i>	64
5.1.1.1	<i>Medición eléctrica de la válvula SCV.</i>	64
5.1.1.2	<i>Medición eléctrica del sensor de temperatura del combustible (FTS).</i>	65
5.1.1.3	<i>Medición eléctrica del sensor de presión del riel.</i>	67
5.1.1.4	<i>Medición eléctrica del sensor CKP.</i>	68
5.1.1.5	<i>Medición eléctrica del sensor CMP.</i>	70
5.1.1.6	<i>Medición eléctrica de la simulación del sensor de temperatura del refrigerante (ECT).</i>	71
5.1.1.7	<i>Medición eléctrica de la simulación del sensor APP.</i>	72
5.1.2	<i>Pruebas de funcionamiento de los inyectores.</i>	74
5.2	Elaboración del manual de usuario.	76
5.2.1	<i>Manual de usuario del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.</i>	76
5.2.1.1	<i>Componentes del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.</i>	76
5.2.1.2	<i>Importancia del manual:</i>	77
5.2.1.3	<i>Ubicación y montaje del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.</i>	77
5.2.1.4	<i>Conexiones eléctricas.</i>	77
5.2.1.5	<i>Panel de control.</i>	78
5.2.2	<i>Operación:</i>	79
5.3	Plan de mantenimiento del tablero didáctico.	86
5.4	Guías de prácticas del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.	86
5.4.1	<i>Recomendaciones generales.</i>	86
5.4.1.1	<i>Tiempo estimado para realizar las mediciones de los diferentes elementos electrónicos del tablero didáctico.</i>	87
<b>6.</b>	<b>PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>	
6.1	Costos Directos.	88
6.2	Costos indirectos.	90
6.3	Costo total.	90
6.4	Análisis beneficio costo.	90
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
7.1	Conclusiones.	91
7.2	Recomendaciones	91
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	
	<b>PLANOS</b>	

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
1 Diferencia de los sistemas CRDI.....	7
2 Valores de voltaje de acuerdo a la carga del motor y presión del riel .....	19
3 Propiedades mecánicas del acero ASTM A36 .....	24
4 Datos de tablas triplex .....	31
5 Especificaciones técnicas del motor .....	38
6 Bandas de transmisión .....	39
7 Valores del sensor de temperatura de combustible.....	65
8 Variación del voltaje y de la presión .....	68
9 Valores del sensor ECT .....	71
10 Pruebas del sensor de temperatura del motor .....	72
11 Valores de señal del sensor APP .....	73
12 Comprobación del caudal de entrega en Ralentí .....	75
13 Comprobación del caudal de entrega en Media Carga .....	75
14 Comprobación del caudal de entrega a Plena Carga .....	75
15 Tiempo estimado de prácticas .....	87
16 Costos de sistema mecánico .....	88
17 Costos de sistema eléctrico y electrónico .....	89
18 Costos totales directos .....	89
19 Costos indirectos.....	90
20 Costos totales .....	90

## LISTA DE FIGURAS

		Pag.
1	Bomba de suministro .....	7
2	Giro del eje impulsor de la bomba de suministro .....	8
3	Bomba de alimentación .....	9
4	Válvula SCV .....	10
5	Riel común .....	10
6	Inyector Denso .....	11
7	Esquema de funcionamiento de la EGR .....	13
8	Válvula GR .....	14
9	Válvula de control de presión de riel .....	14
10	Control de la bujía incandescente .....	15
11	Inyector .....	15
12	Bobina del Inyector .....	16
13	Sensor CKP tipo inductivo .....	17
14	Sensor CMP tipo hall .....	18
15	Sensor de pedal de acelerador .....	18
16	Sensor de presión del riel .....	19
17	Sensor de temperatura del refrigerante .....	20
18	Sensor de temperatura de combustible .....	20
19	Sensor de MAP .....	21
20	ECM del sistema CRDI .....	21
21	Modelado de la estructura .....	23
22	Cargas de la estructura .....	24
23	Mallado de la estructura metálica .....	25
24	Calidad del mallado .....	25
25	Esfuerzo de la estructura .....	26
26	Esfuerzo máximo .....	26
27	Deformación máxima .....	27
28	Factor de seguridad .....	27
29	Tubo estructural negro cuadrado .....	29
30	Ángulo de lados iguales .....	29
31	Platinas .....	30
32	Láminas metálicas .....	30
33	Tabla triplex .....	31
34	Tanque de combustible .....	32
35	Filtro de combustible .....	33
36	Bomba de alta presión HP4 .....	34
37	Riel común .....	34
38	FImagen en corte del inyector .....	35
39	Cañerías de baja presión .....	36
40	Cañería de alta presión .....	37
41	Acoples rápidos .....	37

42	Motor de motocicleta.....	38
43	Banda de transmisión.....	39
44	Fuente de alimentación.....	40
45	Volante de inercia.....	40
46	Rueda del sensor CMP.....	41
47	Caja de protección contra salpicaduras.....	41
48	Ducto flexible.....	42
49	Imágenes de precaución.....	42
50	Corte de los tubos.....	43
51	Corte de los ángulos.....	44
52	Formación de la estructura.....	45
53	Base para atornillar la lámina metálica.....	45
54	Platinas de sujeción del tanque.....	46
55	Platinas del sensor CMP.....	46
56	Platina del sensor CKP.....	47
57	Base del panel de control.....	47
58	Base de la batería.....	48
59	Base de la moto.....	48
60	Bases del riel.....	49
61	Platinas de la bomba.....	49
62	Colocación de la tabla triplex.....	50
63	Corte de las láminas metálicas.....	50
64	Colocación de las láminas.....	51
65	Eliminación de asperezas.....	51
66	Pintado de la estructura.....	52
67	Pintado de las láminas metálicas.....	52
68	Pegado del adhesivo.....	53
69	Colocación de la imagen.....	53
70	Colocación del tanque de combustible.....	54
71	Unión del tanque con el filtro.....	55
72	Unión del filtro con la bomba.....	55
73	Cañerías de retorno de combustible.....	56
74	Colocación del filtro.....	56
75	Colocación de la bomba.....	57
76	Instalación de la cañería.....	57
77	Montaje del riel común.....	58
78	Colocación de las probetas.....	58
79	Instalación de las mangueras de retorno.....	59
80	Colocación del motor.....	60
81	Tanque de combustible del motor.....	60
82	Acelerador del motor.....	61
83	Adaptación del embrague.....	61
84	Ahogador de la moto.....	62
85	Transmisión del movimiento de la bomba.....	62
86	Transmisión del movimiento a la rueda del sensor CMP.....	63
87	Transmisión del movimiento a la rueda del sensor CKP.....	63
88	Resistencia de la válvula SCV.....	64

89	Voltaje de activación de la válvula SCV .....	65
90	Resistencia del sensor FTS .....	66
91	Voltaje del sensor FTS.....	66
92	Voltaje de activación del sensor de presión del riel.....	67
93	Voltaje de señal del sensor de presión del riel.....	67
94	Voltaje de señal del sensor de presión del riel.....	68
95	Resistencia del sensor CKP .....	69
96	Pulsos del sensor CKP .....	69
97	Voltaje de alimentación del sensor CMP.....	70
98	Pulsos del sensor CMP .....	70
99	Resistencia del sensor ECT.....	71
100	Simulación del sensor ECT.....	72
101	Señal del sensor APP1 y APP2.....	73
102	Simulación del APP1 Y APP2.....	73
103	Resistencia del Inyector .....	74
104	Pulsos de inyección.....	74
105	Partes principales del tablero didáctico .....	76
106	Conexión eléctrica de 110 V.....	78
107	Panel de control .....	78
108	Diagrama de funcionamiento.....	79
109	Conexión de alimentación .....	80
110	Focos consumidores.....	80
111	Palanca de cambios.....	81
112	Interruptor de encendido del motor .....	81
113	Ahogador del motor .....	81
114	Acelerador de la moto.....	82
115	Pulsador de encendido del motor.....	82
116	Ahogador del motor .....	82
117	Interruptor de encendido del sistema de inyección.....	83
118	Palanca de embrague .....	83
119	Palanca de cambios.....	83
120	Embrague y acelerador del motor.....	84
121	Aceleración constante del motor.....	84
122	Embrague y palanca de cambios.....	85
123	Interruptor de encendido del sistema de inyección.....	85
124	Interruptor de encendido del motor .....	85
125	Llave de retorno del combustible.....	86
126	Conexión de alimentación .....	86

## LISTA DE ABREVIACIONES

APP	Posición de Pedal de Acelerador
ASTM	American Society of Testing Materials
CMP	Camshaft Position Sensor
CKP	Crankshaft Position Sensor
CR	Common Rail
CRDI	Common Rail Direct Injection
CRS	Common Rail System
ECU	Engine Control Unit
EDC	Electronic Diésel Control
EGR	Exhaust Gas Recirculation
FRP	Fuel Rail Pressure Sensor
ICP	Injection Pressure Control
IPR	Injection Pressure Regulator
CPU	Central Process Unit
APS	Sensor de Posición del Acelerador
MAP	Manifold Absolute Pressure
NTC	Negative Temperatura Coefficient
PMI	Punto Muerto Inferior
PMS	Punto Muerto Superior
PWM	Pulso de Ancho Modulado
TWV	Válvula de Dos Vías
SCV	Suction Control Valve
QR	Quick Response



## **LISTA DE ANEXOS**

- A**    Propiedades de los materiales estructurales
- B**    Circuitos eléctricos y electrónicos del tablero didáctico
- C**    Diagrama de conexión del sistema de inyección electrónica CRDI
- D**    Plan de mantenimiento
- E**    Guías de prácticas

## RESUMEN

El trabajo trata sobre la implementación de un tablero didáctico del sistema de inyección diésel de riel común, aplicado a los camiones para el laboratorio de inyección electrónica de la escuela de ingeniería automotriz, con el objetivo de estudiar el funcionamiento del sistema de inyección diésel de riel común. Se realizó una investigación y un estudio amplió del funcionamiento del sistema de inyección electrónica CRDI en función del estudio actual del arte, con los cuales se obtuvo los conocimientos necesarios para la elaboración del tablero didáctico. Para la implementación del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI se diseñó la estructura mediante un modelado previo en un software de diseño mecánico y mediante el análisis estructural realizado se seleccionó el material apropiado que sea capaz de soportar el peso de los elementos constituyentes del sistema de inyección electrónica diésel CRDI. Con este proyecto se podrá saber los valores reales de presión del sistema de inyección electrónica CRDI en ralentí, media carga y plena carga, además la variación de voltaje de algunos sensores y variación de resistencia de otros sensores del sistema de inyección electrónica CRDI. Se efectuó las diferentes pruebas para verificar su correcto funcionamiento y se elaboró un plan de mantenimiento del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI. La construcción del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI se la realizó con éxito. El presupuesto del proyecto se considera que es relativamente elevado, sin embargo, esta inversión brinda grandes beneficios al estudiante ya que será una herramienta de gran utilidad y aprendizaje además se debe verificar que no exista aire en el sistema de inyección electrónica ya que si existe no habría presión en el sistema. Para una correcta lectura se debe tener los instrumentos adecuados de medición como: Scanner automotriz de 24v, osciloscopio, multímetro.

PALABRAS CLAVE: <INYECCIÓN ELECTRONICA>, <DISEÑO MECÁNICO>, <ANÁLISIS ESTRUCTURAL>, <RALENTÍ>, <INYECCIÓN DIRECTA DE RIEL COMUN (CRDI)>, <SCANNER AUTOMOTRIZ>, <OSCILOSCOPIO>, <MULTÍMETRO>

## **ABSTRACT**

The present work is an implementation of a didactic dashboard of the diesel injection system of common rail applied to trucks for the laboratory of electronic injection of the school of automotive engineering. Also it aims to study the operation of common rail diesel injection system. A research and a comprehensive study of the operation of the CRDI electric injection system was carried out in function of the current state of the art with which the necessary knowledge was gotten for the elaboration of the obtained didactic board. For the implementation of the didactic board for the electronic injection system CRDI the structure was designed by means of a previous model in a software of mechanical design and through the structural analysis carried out before, it was selected the appropriate material that is able to support the weight of the constituent elements of the system for diesel injection CRDI. With this project users will be able to know the actual pressure values of the electronic injection system CRDI in low engine speed, half load and full load. Also it will be possible to determine, it will be the voltage variation of some sensors and variation of resistance of other sensors of the system of electronic injection CRDI. The different tests were carried out to verify its correct operation and a planning plan for the electronic injection of CRDI was used. The construction of the didactic board of electronic injection CRDI was realized with success. The budget of the project is considered to be really high, but this investment offers great benefits to the student and will be a tool of great utility for learning. It also must be verified that there is no air in the electronic injection system, if it does exist, there would be not pressure on the system. For the correct reading it must have the appropriate instrument of measurement like: an automotive scanner of 24 V, an oscilloscope, and a multi-meter.

**KEY WORDS:** <ELECTRONIC INJECTION>, <MECHANICAL DESIGN>, <STRUCTURAL ANALYSIS>, <LOW ENGINE SPEED>, <DIRECT INJECTION OF COMMON USE CRDI>, <AUTOMOTIVE SCANNER>, <OSCILLOSCOPE>, <MULTI-METER>.

# **CAPÍTULO I**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En los motores diésel ha existido un gran avance tecnológico dentro de los cuales está el mejoramiento en el sistema de inyección, el más conocido e implementado es el sistema de inyección common rail, este sistema logra optimizar tanto el desempeño del motor, el consumo del combustible y disminuye el ruido característico de estos motores, éste tablero didáctico constara de una variedad de instrumentos dentro de los cuales los más importantes o principales son la bomba de alta presión, la riel común, el filtro de combustible y la unidad de control electrónico.

Con este sistema se obtiene incrementos de par y aumentos de potencia en el motor a bajos regímenes de giro, esto se debe a la unidad de control electrónico, también gestiona la inyección de combustible, además tiene el control de otras funciones, como la gestión del turbocompresor, la recirculación de gases de escape, etc.

Con el fin de disminuir el ruido del motor, la unidad de control electrónico puede inyectar una pequeña cantidad de gasóleo justo antes del evento de inyección principal, reduciendo así su explosividad y vibración, así como la optimización de sincronización de la inyección y la cantidad de variaciones en la calidad del combustible, arranque en frío y así sucesivamente. Los motores con el sistema de inyección electrónica CRDI requieren muy corto o ningún tiempo de calentamiento en absoluto, depende de la temperatura ambiente, producen menos ruido y emisiones que los motores con sistemas de inyección diésel más antiguos.

### **1.1 Antecedentes**

La intención de desarrollar el tema planteado, es ejecutar la implementación de un tablero didáctico del sistema de inyección diésel de riel común aplicado en los camiones para el laboratorio de inyección electrónica de la escuela de ingeniería automotriz con el propósito de generar conocimientos prácticos a los estudiantes sobre el funcionamiento real del sistema de inyección electrónica diésel de riel común y a su vez diagnosticar los síntomas de falla más comunes que se pueden presentar

El parque automotriz está evolucionando día a día en el campo de la electrónica, integrando en los vehículos el sistema CRDI que se trata de un sistema electrónico de inyección de combustible para motores diésel de inyección directa.

Con esta contribución los futuros profesionales de la Escuela de Ingeniería Automotriz, estarán idóneos de ayudar a la sociedad ofreciendo un servicio garantizado y de calidad en el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos.

## **1.2 Justificación**

La realización de este trabajo de tesis es la de implementar en el laboratorio de inyección electrónica de la escuela de Ingeniería Automotriz un tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI que facilitara a los alumnos tener mayor facilidad de operación de los equipos de diagnóstico y conocer los valores reales de funcionamiento de los sensores.

Todos estos estudios de los sistema de inyección directa en los vehículos a diésel, lleva a la invención, diseño, estudio técnico para la elaboración de un tablero didáctico del sistemas CRDI, del cual podremos tener un diagnóstico más técnico que el empleado habitualmente, con datos exactos, menor tiempo y a menor costo.

Con el diseño y construcción de un tablero didáctico del sistema CRDI se ampliara el fundamento tecnológico en el laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1 *Objetivo general*** Implementación de un tablero didáctico del sistema de inyección diésel de riel común aplicado a los camiones para el laboratorio de inyección electrónica de la escuela de ingeniería automotriz.

**1.3.2 *Objetivos específicos:***

- Diseñar la estructura del tablero didáctico y seleccionar los materiales adecuados para la elaboración del mismo.

- Ensamblar el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.
- Realizar las diferentes pruebas para verificar su correcto funcionamiento y elaborar un plan de mantenimiento del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.
- Estudiar el costo para la ejecución del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1 Investigación del sistema de inyección diésel de riel común en función del estado actual del ARTE.**

El sistema de common rail o conducto común es un sistema de inyección de combustible electrónico para motores diésel de inyección directa en el que el gasóleo es aspirado directamente del depósito a una bomba de alta presión y ésta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores y por alta presión al cilindro. (Coral, 2013)

La idea principal de este sistema es conseguir una pulverización mayor que la conseguida en los sistemas de bomba inyectora anteriores, para perfeccionar el proceso de inflamación directa de la mezcla que se forma en la cámara al inyectar el gasoil, principio básico del ciclo Diésel. Por eso se acude a crear unas perforaciones mucho más pequeñas, colocadas radialmente en el pico del inyector (tobera), ayudando esta pequeña sección de paso con una presión mucho mayor. (Coral, 2013)

Es básicamente similar a la inyección multipunto de un motor de gasolina, en la que así mismo hay un conducto común para todos los inyectores, con la diferencia que en los motores diésel se trabaja a una presión mucho más alta. (Coral, 2013).

La inyección electrónica diésel es propiamente un sistema de gestión del motor capaz de monitorear y controlar todas las variables y sistemas involucradas en la entrega del combustible diésel a los cilindros bajo cualquier condición de operación con el propósito de que dicha transferencia de combustible se de en la cantidad exacta y en el instante correcto y con el mínimo de emisiones contaminantes. (Coral, 2013)

De forma general, el sistema de gestión electrónica tiene sensores que miden en cada intervalo de tiempo las rpm y temperatura del motor, la presión y temperatura del aire en el múltiple de admisión, la posición del árbol de levas, y la posición del acelerador entre otras variables. (Coral, 2013)

Las señales generadas son enviadas al CPU (Central Process Unit), donde son digitalizadas, de este modo pueden ser operadas y procesadas en intervalos de tiempo muy cortos, el resultado obtenido es emitido a los actuadores electromecánicos encargados de inyectar el combustible, y controlar el adelanto o atraso de la inyección. Los sistemas EDC pueden operar tanto en lazo abierto como cerrado. (Coral, 2013).

Aunque estos sistemas de inyección difieren en muchos aspectos, y están instalados en una amplia variedad de diferentes vehículos, todos ellos están equipados con una forma similar de EDC. (Coral, 2013).

- Para incrementar el combustible, los inyectores abren y también la presión del riel sube.
- Para incrementar o reducir la presión del riel, la ECU controla el regulador de presión.
- Si el regulador de presión esta antes de la bomba se considera parte del sistema de baja presión y si esta después de esta, se considera de alta presión. (Coral, 2013)
- Los sistemas Euro 4 y algunas versiones Euro 3 pueden tener uno en cada lado (en el riel y en la bomba HP).
- Este regulador recibe una señal del ECU.
- Esta señal depende de la presión.
- La presión es un dato calculado por el ECU basado mayormente en la señal del APS. (Coral, 2013)
- Entonces, se acelera, la ECU detecta más apertura de APS e incrementa la presión e inmediatamente la señal al regulador.
- El regulador abre más flujo a la bomba (de baja deja pasar más a alta) y/o cierra el retorno del riel, según donde está ubicado; la presión del riel sube y el motor acelera. (Coral, 2013)



- Por lo tanto, la presión del riel siempre debe ser igual a la presión de inyección para que el motor pueda funcionar bien.
- También se deduce que las señales de APS, presión de inyección, regulador y valor de presión del riel, deben cambiar al mismo tiempo. (Coral, 2013)

En el sistema de inyección common rail se encuentran separada la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección. (Coral, 2013).

### **2.1.1 Composición del sistema CRDI en general.**

1. Una bomba de alta presión, que suministra el combustible a presión al sistema.
2. Un regulador de presión.
3. Un acumulador común, que funciona como depósito de presión y distribuidor del combustible a los inyectores.
4. Tantos inyectores como cilindros tenga el motor.
5. El sistema electrónico de control. (Coral, 2013)

## **2.2 Clasificación de los sistemas de inyección electrónica diésel CRDI.**

Una vez analizado el parque automotor en nuestro mercado, se obtuvo datos de los sistemas de inyección CRDI que vienen acoplados en las diferentes marcas de los vehículos, entre los más utilizados son:

- Sistema CRDI Bosch en un 60% de los vehículos.
- Sistema CRDI Denso en un 30% de los vehículos.
- Sistema CRDI Delphi en un 10% de los vehículos.

La diferencia existente entre estos sistemas de inyección es considerable en cuanto a la regulación de la presión y el funcionamiento eléctrico de los inyectores como se detalla en la tabla 1 a continuación descrita, pero básicamente se rigen por la misma forma de trabajo mecánico.

Tabla 1. Diferencia de los sistemas CRDI

ESPECIFICACIONES	VALORES		
	DELPHI	BOSCH	DENSO
Resistencia	0,2 $\Omega$	0,5 – 0,8 $\Omega$	0,8 – 1 $\Omega$
Voltaje	12 V	70 - 80 V	5 V
Corriente o Amperaje	12 A (apertura) 6A (mantenimiento)	12 A (apertura) 20A (mantenimiento)	12 A (apertura) 20A (mantenimiento)
Presión de apertura	250 Bares	220 Bares	200 Bares
Presión Máxima	1800 Bares	1350 Bares	1800 Bares

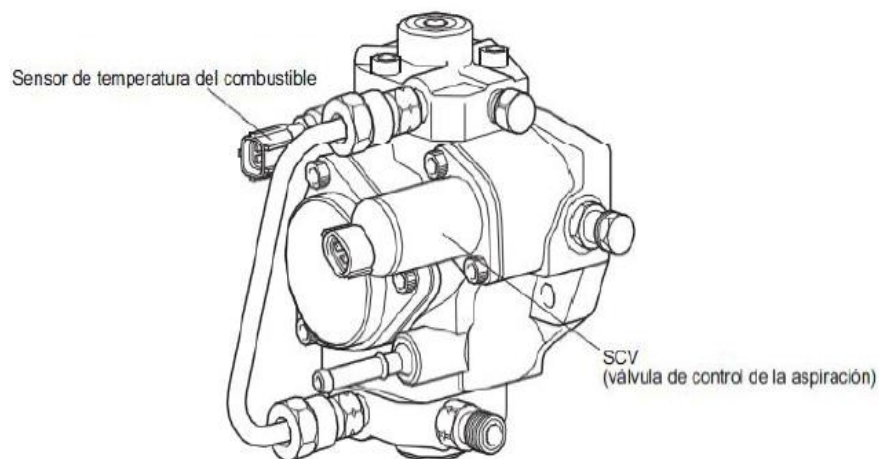
Fuente: Autores

### 2.2.1 Estructura y funcionamiento del sistema CRDI Denso.

#### 2.2.1.1 Bomba de suministro.

Esta bomba de suministro está constituida principalmente de la leva excéntrica, leva anular, émbolos, la SCV (válvula de control de la aspiración), el sensor de temperatura del combustible y la bomba de alimentación. (Coral, 2013).

Figura 1. Bomba de suministro



Fuente: Manual de Servicio DENSO

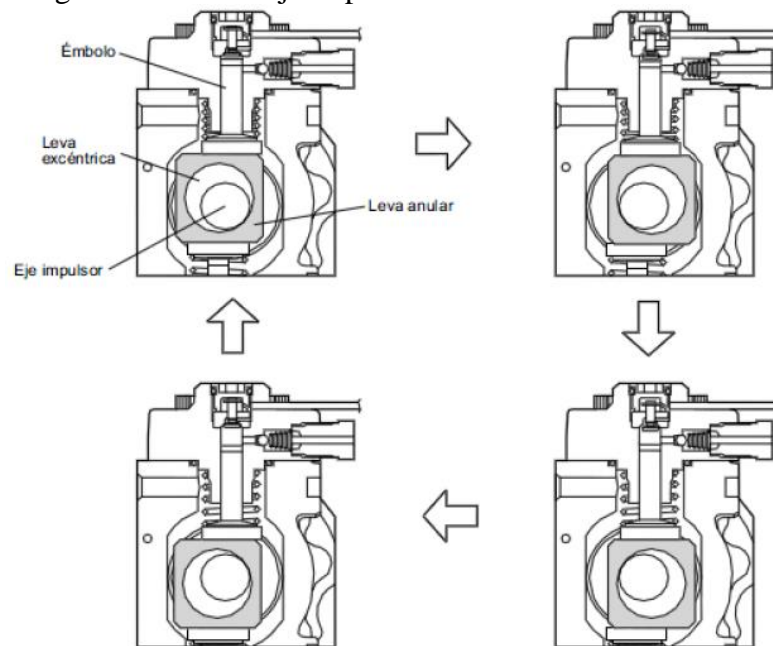
En el sistema de inyección electrónico CRDI el motor genera el movimiento a la bomba de suministro a un régimen de 1:2. Esta bomba de suministro tiene incorporada una bomba de alimentación de tipo trocoide, es la encargada de transportar el combustible desde el depósito a la cámara de los émbolos. (Coral, 2013).

El árbol de levas interno acciona los dos émbolos que, a su vez, impulsan a presión al combustible enviado a la cámara y lo envían después a la rampa. La cantidad de combustible proporcionado a la rampa es controlada por la SCV, siguiendo las señales emitidas por la ECU del motor. La SCV es de tipo de apertura normal (la válvula de admisión se abre durante la des excitación). (Coral, 2013).

*Flujo de combustible.* El combustible extraído del depósito recorre el camino de la bomba de suministro que se observa en la ilustración y es conducido a la rampa. (Coral, 2013).

*Estructura de la bomba de suministro.* La leva excéntrica está formada en el eje impulsor. La leva anular está acoplada a la leva excéntrica. Cuando gira el eje impulsor, la leva excéntrica gira también de manera excéntrica y la leva anular se desplaza hacia arriba y hacia abajo mientras gira. El émbolo y la válvula de succión están acoplados a la leva anular. La bomba de alimentación está conectada a la parte posterior del eje impulsor. (Coral, 2013).

Figura 2. Giro del eje impulsor de la bomba de suministro



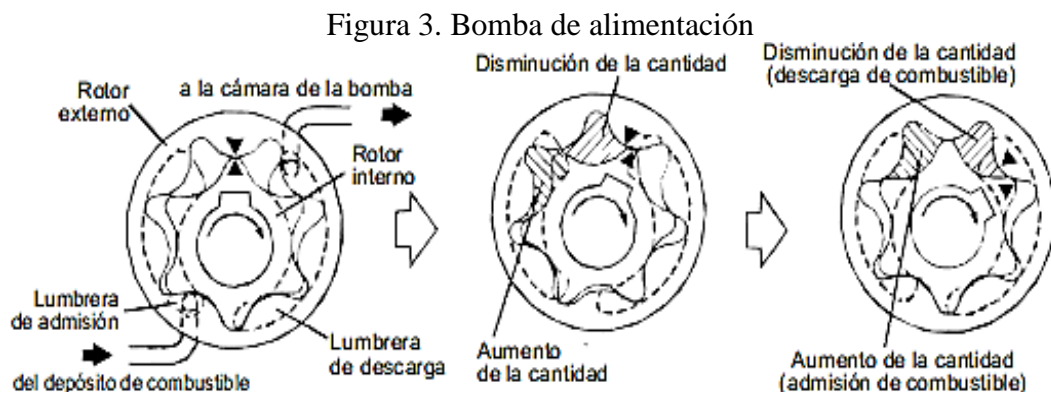
Fuente: Manual de Servicio DENSO

*Funcionamiento de la bomba de suministro.* La rotación de la leva excéntrica hace que la leva anular empuje al émbolo hacia arriba. Debido a la fuerza del muelle, el émbolo es empujado en la dirección opuesta al émbolo. Como resultado, el émbolo aspira el combustible, mientras que lo bombea a la rampa. (Coral, 2013).

### 2.2.1.2 Descripción de los componentes de la bomba de suministro.

**Bomba de alimentación.** La bomba de alimentación de tipo trocoide integrada en la bomba de suministro aspira el combustible del depósito y lo suministra a los dos émbolos a través del filtro de combustible y la SCV (válvula de control de la aspiración). Esta bomba de alimentación es accionada por el eje propulsor. (Coral, 2013).

Con la rotación del rotor interior, la bomba de alimentación aspira el combustible desde su lumbrera de succión y lo bombea hacia fuera a través de la lumbrera de descarga. Esto se hace de acuerdo con el espacio que aumenta y disminuye con el movimiento de los rotores externo e interno. (Coral, 2013).



Fuente: Manual de Servicio DENSO

**Válvula de control de aspiración (SCV).** El sistema de inyección electrónica CRDI ha agregado una válvula de tipo solenoide lineal. La ECU reconoce el tiempo durante el que se administra la corriente a la válvula SCV con la finalidad de regular la cantidad de combustible que se provee al émbolo sometido a alta presión. (Coral, 2013)

Únicamente se provee la cantidad de combustible necesaria para obtener la presión requerida en la rampa, por lo que la carga de actuación de la bomba de suministro disminuye. (Coral, 2013)

Cuando la SCV recibe corriente, se genera una fuerza electromotriz variable de acuerdo con el porcentaje de servicio, que desplaza el inducido hacia la izquierda. El inducido desplaza el cilindro hacia la izquierda, cambiando la apertura del conducto de combustible y regulando así la cantidad de combustible. (Coral, 2013)

Con la SCV desactivada, el resorte de retorno se contrae, abriendo totalmente el conducto de combustible y surtiendo el combustible a los émbolos (cantidad total de admisión y de descarga). (Coral, 2013)

Cuando la SCV está activada, la fuerza del resorte de retorno desplaza el cilindro hacia la derecha, obstruyendo el paso al combustible (normalmente abierto). Activando o desactivando la SCV, el combustible es suministrado en la cantidad correspondiente al porcentaje de servicio, y descargado por los émbolos. (Coral, 2013)

Figura 4. Válvula SCV



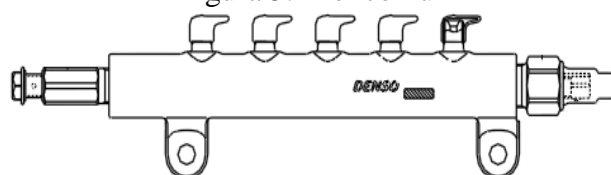
Fuente: Manual de Servicio DENSO

En caso de porcentaje de servicio corto: hay gran apertura de válvula y máxima cantidad de admisión. En caso de porcentaje de servicio largo: existe pequeña apertura de válvula y mínima cantidad de admisión. (Coral, 2013).

*Riel común.* Almacena el combustible a presión (de 0 a 180 MPa) suministrado por la bomba de suministro y distribuye el combustible a cada inyector de los cilindros. En la rampa se han incorporado un sensor de presión y un limitador de presión. (Coral, 2013).

El sensor de presión de la rampa (sensor Pc) detecta la presión del combustible en la rampa y envía una señal a la ECU del motor, mientras que el limitador de presión controla dicha presión de combustible. Ello asegura una combustión óptima y reduce el ruido de combustión. (Coral, 2013).

Figura 5. Riel común



Fuente: Manual de Servicio DENSO

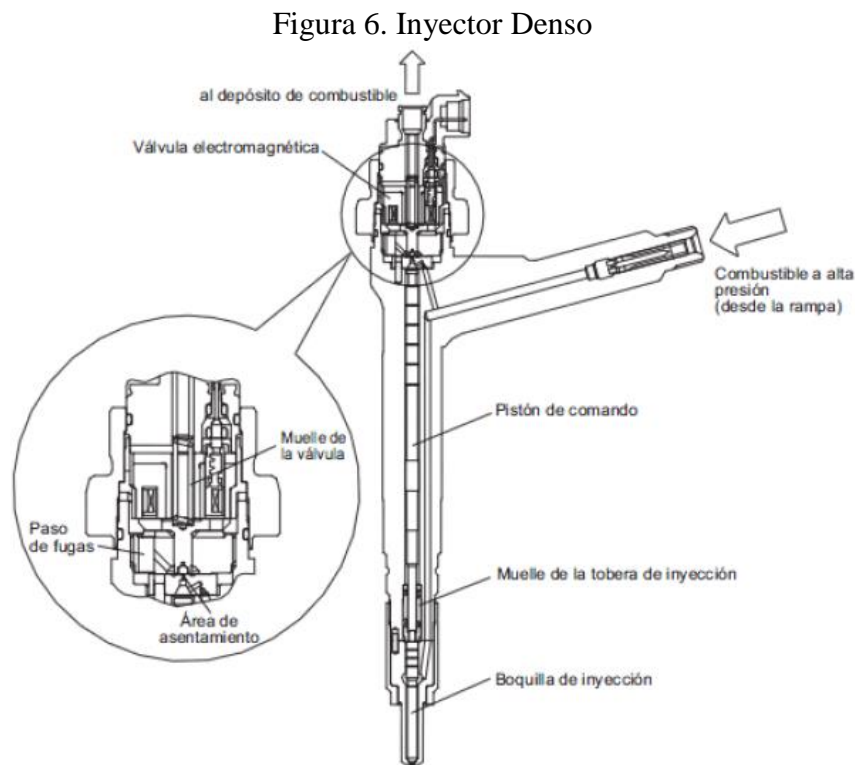
### 2.2.1.3 Inyector Denso.

Se ha incorporado un inyector de válvula de dos vías de tipo solenoide, compacto y de ahorro energético.

Los códigos QR muestran numerosas características del inyector, estos códigos están marcados con láser en el cuerpo del inyector, mientras que los códigos ID, que muestran lo mismo pero en formato numérico (22 cifras alfanuméricas) están marcados con láser en la cabeza del conector. (Coral, 2013)

Cuando se desee colocar un inyector en un vehículo, es necesario introducir los códigos ID en la unidad de control electrónico ECU mediante la utilización de un scanner automotriz.

*Estructura del inyector denso.*



Fuente: Manual de servicio DENSO.

*Funcionamiento del inyector Denso.* El inyector posee una válvula de tres vías la misma que abre y cierra el orificio de salida para así poder regular la presión hidráulica de la cámara de control y controlar el inicio y el final de la inyección.

*No hay inyección.* Cuando no se aplica corriente al solenoide, la fuerza del resorte de la válvula es superior a la presión hidráulica de la cámara de control, la válvula es presionada hacia abajo, cerrando el orificio de salida. Por ello, la presión hidráulica de la cámara de control que se aplica al pistón de mando provoca que el resorte de la tobera del inyector se comprima. Esto cierra la aguja de la tobera de inyección, imposibilitando que se inyecte el combustible hacía cada uno de los pistones correspondientes. (Coral, 2013).

*Inyección.* Existe cuando se aplica corriente inicialmente al solenoide, la fuerza de atracción de este empuja la TWV (válvula de tres vías) hacia arriba, abriendo el orificio de salida y permitiendo el paso del combustible a la cámara de control. Una vez que fluye el combustible, la presión hidráulica de la cámara de control disminuye, empujando hacia arriba al pistón de mando. (Coral, 2013).

*Los códigos QR (Quick Response).* Han sido adoptados para aumentar la precisión de la cantidad de inyección. Con la incorporación de estos códigos QR permite controlar la dispersión de la cantidad de inyección en todo el régimen de presión, favoreciendo a mejorar la eficacia de la combustión. (Coral, 2013).

### **2.3 Ventajas del sistema de inyección electrónica CRDI.**

- La primordial ventaja en este sistema es que se consigue regular la presión en los inyectores en función de la carga motor, de un modo muy preciso, con la que se obtiene una regulación del caudal óptimo. (Karl-Heinz Dietsche, 2010).
- En este sistema el inyector realiza una preinyección que se origina justo antes de la principal, incrementando la presión y temperatura dentro del cilindro, lo que mejora la combustión y disminuye el ruido característico de los motores diésel. (Coral, 2013).
- Se reduce el consumo de combustible y se reduce la cantidad de emisiones contaminantes, en especial el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, y los hidrocarburos sin quemar. (Karl-Heinz Dietsche, 2010).
- Reducción de combustible y excelente desempeño.

- Este sistema es amigable con el medio ambiente para responder a todas las normas mundiales sobre emisiones. (Coral, 2013).

## 2.4 Actuadores del sistema CRDI.

Los actuadores se encargan de convertir las señales eléctricas de salida de la unidad de mando, en magnitudes mecánicas.

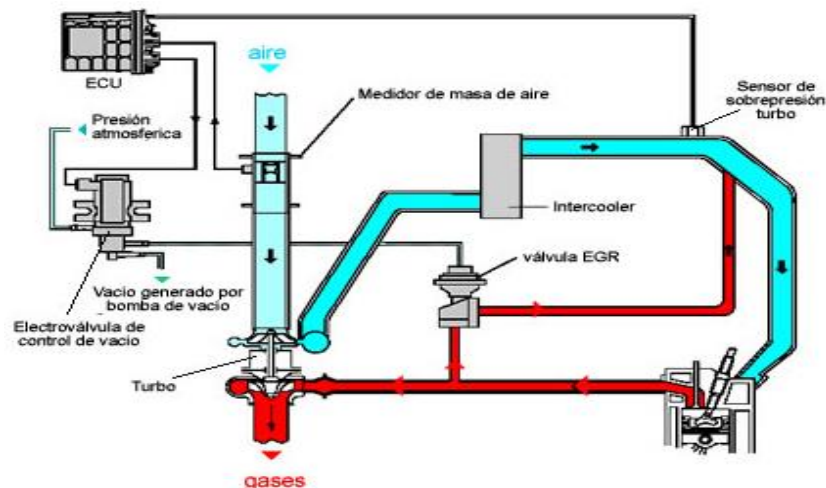
### 2.4.1 Recirculación de los gases de escape (EGR).

La creación de normas de anticontaminación son cada vez más rígidas y la concienciación ecológica de las empresas fabricantes hizo en Europa y en USA que se empezara a implementar en los motores un dispositivo llamado EGR, que es como se conoce la válvula de recirculación de gases de escape. En la actualidad se utiliza en todos los motores diésel con este sistema. (MEGANEBY, 2004)

En los gases de escape de los motores diésel nos encontramos con los siguientes gases contaminantes:

- Los hidrocarburos (HC).
- El óxido de carbono (CO).
- Las partículas por reacción química de oxidación.
- El óxido de nitrógeno (Nox).

Figura 7. Esquema de funcionamiento de la EGR



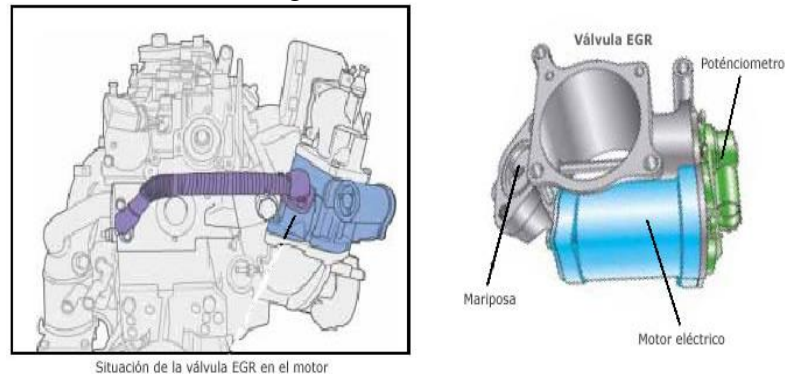
Fuente: [http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema\\_egr.htm](http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema_egr.htm)



#### 2.4.2 Válvula de control de mariposa EGR

Esta válvula está diseñada para aumentar la cantidad de recirculación de los gases de escape para reducir la sobre presión en el múltiple de admisión. El control de la válvula-mariposa sólo opera en el rango de velocidad más bajo del motor. Y este vacío es controlado por medio de una válvula solenoide. (MEGANEBY, 2004)

Figura 8. Válvula GR

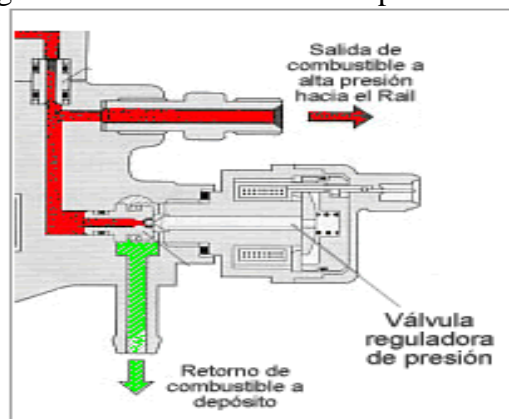


Fuente: [http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion\\_directa3.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion_directa3.htm)

#### 2.4.3 Válvula de control de presión del riel

Esta válvula reguladora de presión va sujeta por una brida de sujeción, ya sea en la bomba de alta presión o en riel según sea el sistema utilizado. Esta bomba trabaja de tal manera que el inducido presiona una bola contra el asiento para eliminar la conexión entre el lado de alta presión y el de baja presión; para ello existe por una parte un resorte que presiona el inducido hacia abajo, y por otra parte, existe un electroimán que ejerce una fuerza sobre el mismo. (AutoAvance, 2013).

Figura 9. Válvula de control de presión de riel

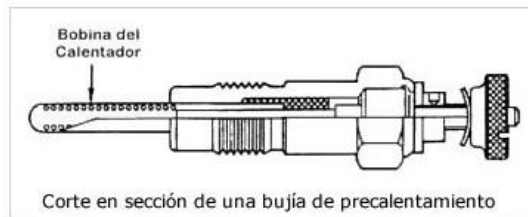


Fuente: [http://www.aficionadosalamecanica.net/common\\_rail4.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail4.htm)

#### 2.4.4 Control de la bujía incandescente

Asumen la función de excitar la cámara de combustión, facilitando así el encendido de los motores diésel especialmente en los días fríos. Posterior al encendido del motor, estas bujías deben durar encendidas para evitar fallas de funcionamiento, en cuanto el motor no consiga la temperatura ideal de funcionamiento. Este proceso disminuye el nivel de emisiones de gases contaminantes y humo en la fase fría del motor. (Beru).

Figura 10. Control de la bujía incandescente

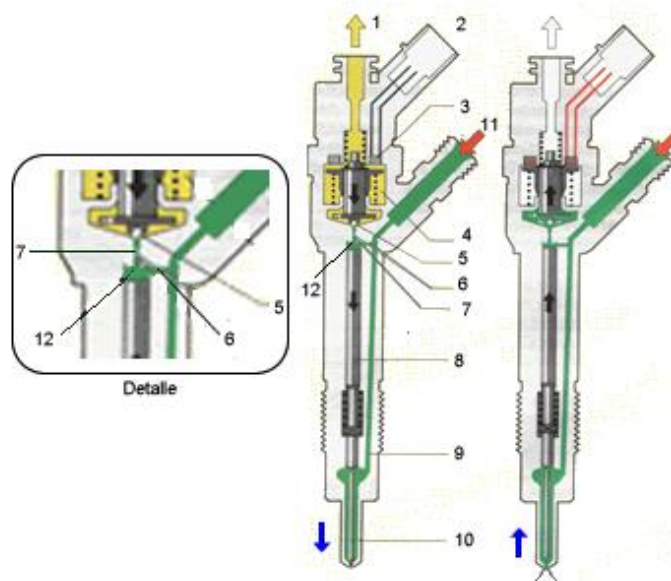


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/common-calentamiento.htm>

#### 2.4.5 Inyector.

Los inyectores empleados en el sistema common-rail se activan de forma eléctrica a diferencia de los empleados en sistemas que utilizan bomba rotativa que inyectan de forma mecánica. Con estos inyectores se consigue más precisión a la hora de inyectar el combustible. (MECÁNICO, 2005).

Figura 11. Inyector

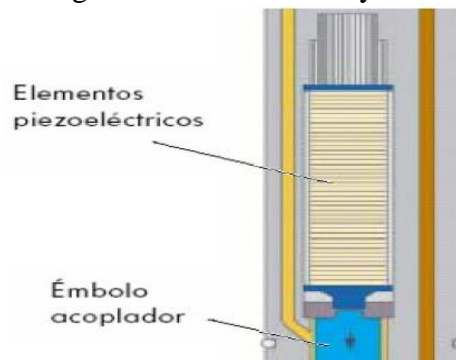


Fuente: [http://www.aficionadosalamecanica.net/common\\_rail5.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail5.htm)

La cantidad de combustible inyectado en las cámaras de combustión está definidas por el tiempo de apertura del inyector y la presión que exista en el riel. La inyección termina cuando la válvula solenoide es desactivada y como resultado se cierra. (MECÁNICO, 2005).

El piezo-actuador excitado electrónicamente conmuta cinco veces más rápido que una válvula magnética y está incorporado en el inyector. Esto genera que las velocidades de la aguja de la boquilla sean dos veces más veloces que en todos los demás sistemas Common Rail. Por lo tanto, se puede dosificar con más exactitud la cantidad de inyección, por lo que se producen menos contaminantes en la combustión. (MECÁNICO, 2005).

Figura 12. Bobina del Inyector



Fuente: <http://www.fbelectronica.com/Infosistemas/SistemasDiesel/Commonrail.html>

Los inyectores piezoeléctricos poseen grandes ventajas sobre los inyectores convencionales:

- Tiempos de Conmutación muy pequeños.
- Posibilidad de inyecciones múltiples en lapsos muy cortos.
- Gran exactitud de dosificación.
- Masa móvil 75% menos que los convencionales

## 2.5 Sensores del sistema CRDI.

Los sensores sirven de interface de comunicación entre el vehículo y sus funciones tales como impulsión, tren de rodaje, frenado y carrocería. La construcción de estos sensores cada vez son más pequeños, pero brindan una mejor rapidez y precisión a la hora de funcionar.

### 2.5.1 Sensor de posición del cigüeñal CKP.

La función de este sensor es la de registrar e informar a la ECU de las rpm que gira el motor y detectar la posición en la que se encuentra el cigüeñal (PMS del cilindro), pueden existir de tipo ópticos, inductivos y de efecto Hall (ver figura 13). (Rosales, 2013).

Las características de estos sensores son:

- Sensor Óptico: este tipo de sensor posee tres cables tierra, señal de 0 a 5 V y alimentación de 12 V.
- Sensor Hall: este tipo de sensor posee de dos a tres cables tierra, señal de 0 a 5 V y alimentación de 12 V.
- Sensor Inductivo: este sensor posee de dos a tres cables tierra, señal y alimentación.

Figura 13. Sensor CKP tipo inductivo



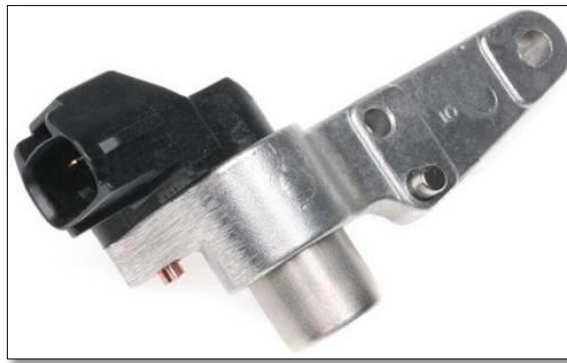
Fuente: <http://campus160.blogspot.com/2013/06/3-sandoval-rosales-gerardo-sensor-ckp.html>

### 2.5.2 Sensor de fase CMP.

El sensor CMP permite a la ECU conocer la posición del árbol de levas, y de los cilindros que se encuentren en fase de compresión. Los tipos de sensores de mayor uso son los de efecto Hall aunque también existen inductivos y ópticos. (Rosales, 2013).

- Sensor Óptico: este sensor posee tres cables tierra, señal de 0 a 5 V y alimentación de 12 V.
- Sensor Hall: este sensor posee de dos a tres cables tierra, señal de 0 a 5 V y alimentación de 12 V.
- Sensor Inductivo: este sensor posee de dos a tres cables tierra, señal y alimentación.

Figura 14. Sensor CMP tipo hall



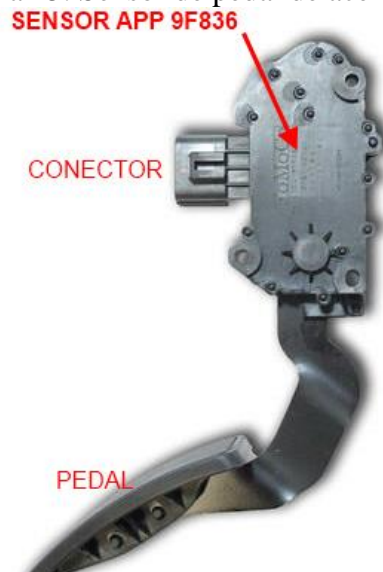
Fuente: <http://victorefren1.blogspot.com/2013/06/sensores-ckp-y-cmp-y-sus-tipos.html>

### 2.5.3 Sensor del pedal del acelerador APP.

En los motores diésel con gestión electrónica no llevan cable o articulación que una el pedal del acelerador con la bomba de inyección. Para lo cual la bomba recibe información sobre la posición del pedal del acelerador a través de la ECU que interpreta la señal eléctrica que recibe del potenciómetro que se desplaza empujado por el pedal del acelerador. (MECÁNICO, 2005).

El potenciómetro recibe tensión de la unidad de control electrónico ECU, siendo la tensión de salida una señal que varía con la posición del potenciómetro y, por lo tanto, con la posición del acelerador. (MECÁNICO, 2005).

Figura 15. Sensor de pedal de acelerador



Fuente: <http://autodaewoospark.com/sensor-posicion-pedal-acelerador-APP-ford-f150.php>

#### 2.5.4 Sensor de la presión del riel de combustible.

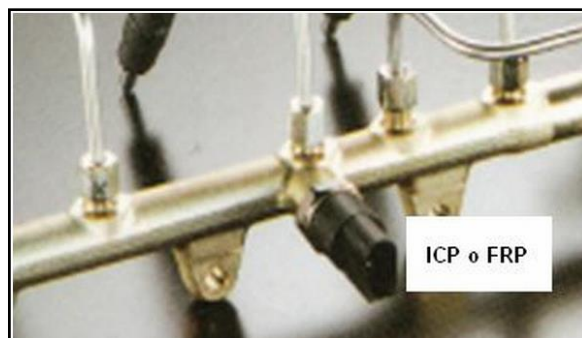
El sensor posee dos designaciones que son:

- El ICP: Sensor de control de la presión de inyección.
- El FRP: Sensor de presión en el riel.

El sensor de presión está unido al riel y en contacto permanente con el combustible del riel, su principal función es monitorear la presión en el interior del riel en cada instante con rapidez y exactitud. (Augeri, 2011).

Su funcionamiento es mediante la variación de tensión aplicada sobre un diafragma resistor que se deforma, la deformación del diafragma es de 1 mm cuando la presión en el interior del riel llega a los 1500 bares, la deformación en el diafragma provoca una alteración en el resistor eléctrico que es alimentado con 5 V. (Augeri, 2011).

Figura 16. Sensor de presión del riel



Fuente: [www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html](http://www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html).

Si la señal del sensor se encuentran debajo de los 0.3 V o es mayor a 4.76 V el sistema ingresara en fase de emergencia y la presión de combustible en el riel será constante de 400 bares. (Augeri, 2011).

Tabla 2. Valores de voltaje de acuerdo a la carga del motor y presión del riel

<b>Carga (RPM)</b>	<b>Presión (Bar)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
Contacto dado	0	0,5
Ralentí	300	1,2
3000	600	2,0
Plena carga circulando	1300	4,3

Fuente: [www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html](http://www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html).

### **2.5.5** *Sensor de temperatura del refrigerante.*

La mayoría de estos sensores son tipo NTC y está en contacto directamente con el líquido refrigerante. Cuando incrementa la temperatura en el refrigerante la resistencia óhmica disminuye. Consta de dos pines en el uno es alimentado desde la ECU con 5 V de corriente directa, el otro pin es de señal de voltaje la cual varía dependiendo de la temperatura del motor, cuando el motor se encuentre caliente el valor del voltajes oscilara entre 0,85 - 1,5 V, cuando el motor se encuentre frio el voltaje varía entre 3,5 V - 4,5 V (RUEDA, 2005 pág. 84).

Figura 17. Sensor de temperatura del refrigerante



Fuente: <http://www.mecanicabasicacr.com/uncategorized/sensor-de-temperatura-de-refrigerante-de-motor.html>

### **2.5.6** *Sensor de temperatura de combustible.*

Este sensor es de tipo NTC está en contacto con el combustible, por lo general se encuentra ubicada en el riel o colector en la línea de retorno del carburante el cual se encarga de informar a que temperatura se encuentra el combustible. El combustible varía su temperatura y cambia su densidad, este sensor es alimentado con 5 V y dispone de una resistencia que oscila alrededor de 2600  $\Omega$ . Con temperaturas entre 18° y 20 °C. (RUEDA, 2005 pág. 85).

Figura 18. Sensor de temperatura de combustible



Fuente: [http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion\\_electronica\\_diesel3.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion_electronica_diesel3.htm)

### 2.5.7 Sensor de presión absoluta en el colector de admisión MAP.

Este sensor MAP informa a la ECU la variación de presión en el interior del colector de admisión en función del régimen de carga y la rotación del motor. La presión máxima oscila entre 1,8 - 1,95 bares dependiendo del tipo de motor y de la programación de la ECU dispone de tres cables alimentación de 5 V, masa y señal de 90 a 160 Hz (RUEDA, 2005).

Figura 19. Sensor de MAP



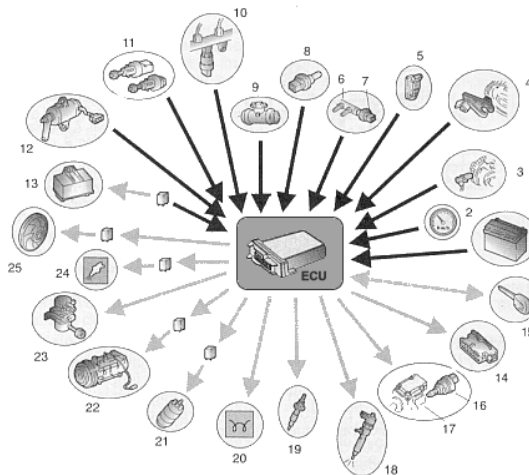
Fuente: <http://es.slideshare.net/DanielGonzalez94/sensores-13141430>

### 2.6 ECM del sistema CRDI.

La ECM forma la unidad central del sistema de control del motor. Recoge las señales eléctricas de los sensores y los procesa además calcula las señales de activación para los actuadores.

En el programa de control está almacenado en una memoria y de su realización se encarga el microprocesador, el cual debe calcular el tiempo y momento de inyección acatando los exigencias del motor en ese instante. (Augeri, 2011)

Figura 20. ECM del sistema CRDI



Fuente: [http://www.aficionadosalamecanica.net/common\\_rail7.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail7.htm)



### **2.6.1** *Condiciones de aplicación.*

A la unidad de control se le plantean altas exigencias en lo referente a:

- La temperatura del entorno (en servicio de marcha normal, -40...+85°C).
- La capacidad de resistencia contra productos de servicio (aceite, combustible, etc.).
- La humedad del entorno.
- Solicitaciones mecánicas.

Igualmente son muy altas las exigencias a la compatibilidad electromagnética y a la limitación de la irradiación de señales perturbadoras de alta frecuencia. (MEGANEBOY, 2004).

### **2.6.2** *Estructura.*

La unidad de control se encuentra dentro de un cuerpo metálico. Los sensores, los actuadores y la alimentación de corriente, están conectados a la unidad de control a través de un conector multipolar. Los componentes de potencia para la activación directa de los actuadores están integrados en la caja de la unidad de control, de forma tal que se garantiza una buena disipación térmica hacia la caja. La unidad de control existe tanto con caja estanqueizada, como también con caja no estanqueizada. (MEGANEBOY, 2004).

## CAPITULO III

### 3. DISEÑO Y SELECCIÓN

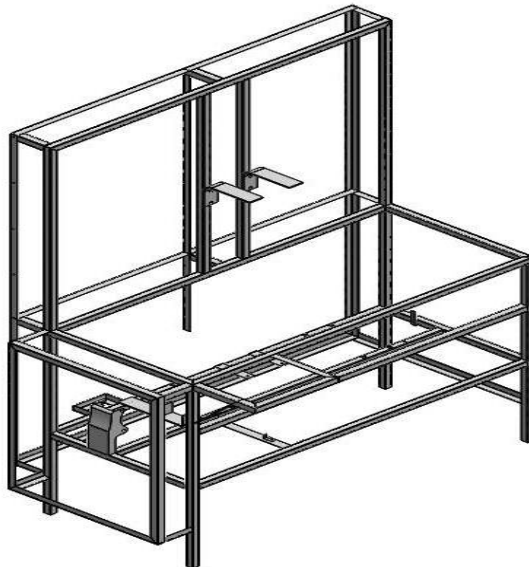
#### 3.1 Diseño de la estructura del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.

Para el diseño de la estructura del tablero didáctico se realiza un modelado previo en un software de diseño mecánico.

##### 3.1.1 *Modelado de la estructura del tablero didáctico.*

En el software SolidWorks se efectuó el modelado de la estructura que servirá para el soporte de los elementos constituyentes del tablero, esencialmente del sistema de inyección electrónica CRDI.

Figura 21. Modelado de la estructura



Fuente: Autores

##### 3.1.2 *Estudio estático de la estructura del tablero didáctico.*

En el estudio estático el análisis se concentra en las fuerzas que actúan de forma constante sobre la estructura del tablero didáctico, los resultados del análisis se obtuvieron de acuerdo a los parámetros seleccionados tales como material, cargas y sujeciones.

- **Materiales**

El material con el que se hará el análisis de la estructura del tablero didáctico debe soportar el peso de todos los elementos que forman parte del sistema de inyección electrónica CRDI, esta estructura se construirá con acero ASTM A36 cuyas propiedades del material se identifican en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

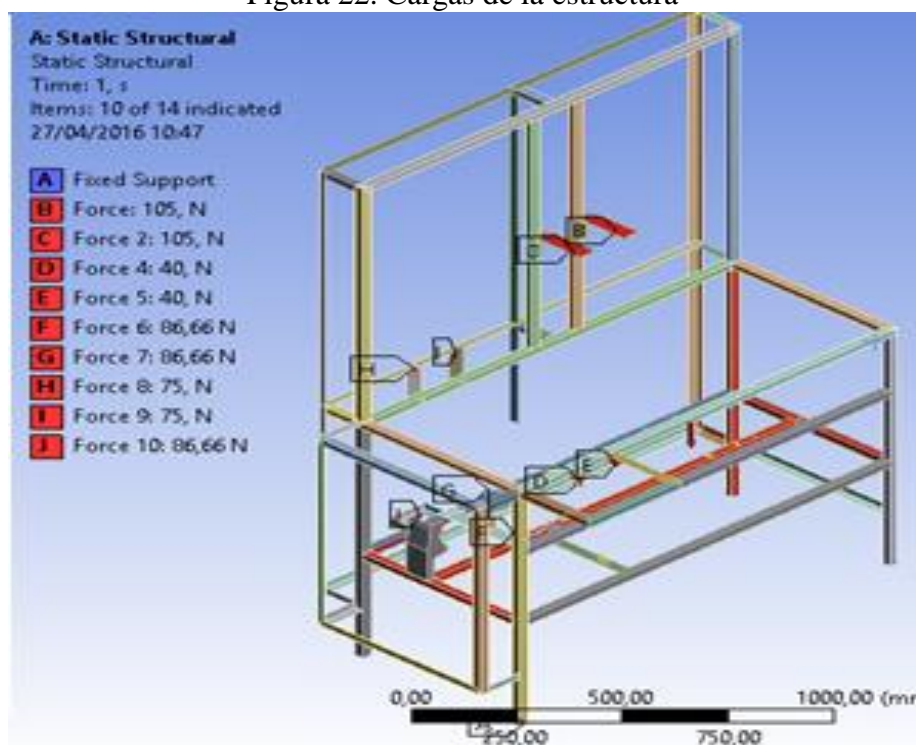
Material	Límite de fluencia mínimo	Resistencia a la Tracción		Elongación %
		mínimo	máximo	
Acero ASTM A36	250 Mpa	400 Mpa	550 Mpa	20%-23%

Fuente: Autores

- **Cargas y Sujeciones**

Las cargas y sujeciones del tablero didáctico presentan 4 puntos de apoyos fijos, se encuentran sometidos a una carga vertical de 1275,3 N correspondiente al peso de todos los elementos que conforman el sistema.

Figura 22. Cargas de la estructura



Fuente: Autores

- **Mallado**

Para realizar el mallado de la estructura se procede a importar la geometría generada en SolidWorks a otro software de análisis llamado Ansys, en el cual permitirá tener un mejor resultado del mallado de la geometría.

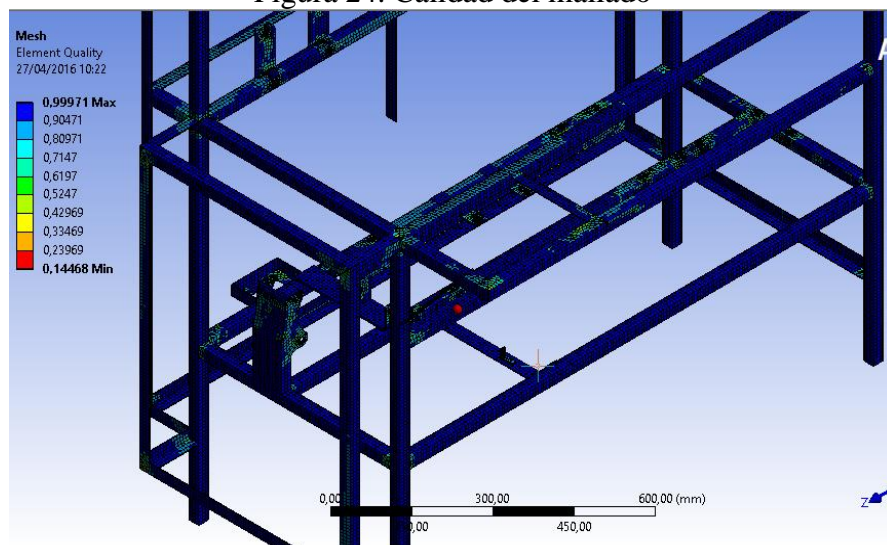
Figura 23. Mallado de la estructura metálica



Fuente: Autores

Como se observa en la figura 24, la calidad del mallado se encuentra en óptimo estado ya que la mayor parte de la maya se encuentra cercana en el valor óptimo (color azul).

Figura 24. Calidad del mallado

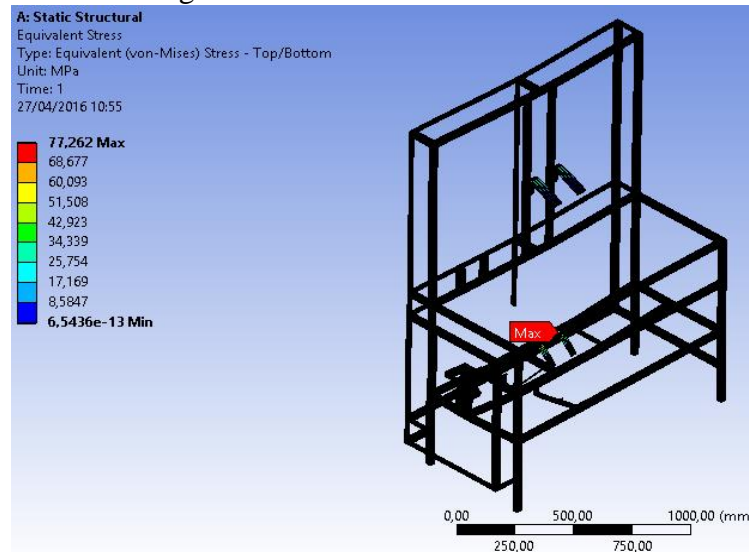


Fuente: Autores

- **Análisis de resultados**

Para este análisis que se realizó por medio de elementos finitos se utilizó Workbench del software Ansys el cual proporcionará los resultados de esfuerzo máximo, deformación máxima y el factor de seguridad, y que se los observará gráficamente a continuación.

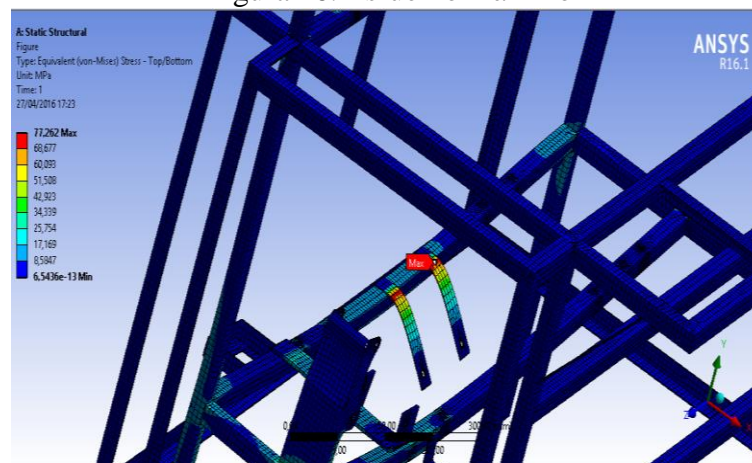
Figura 25. Esfuerzo de la estructura



Fuente: Autores

En la figura 26, se muestra el resultado del análisis del esfuerzo máximo, el mismo que tiene origen en las platinas del tanque de combustible, y que proporciona un valor de 77,262 MPa, tomando en cuenta que el límite de fluencia de material es de 250 Mpa, por lo cual no presenta ningún inconveniente para la fabricación de la estructura ya que no supera el valor del material.

Figura 26. Esfuerzo máximo

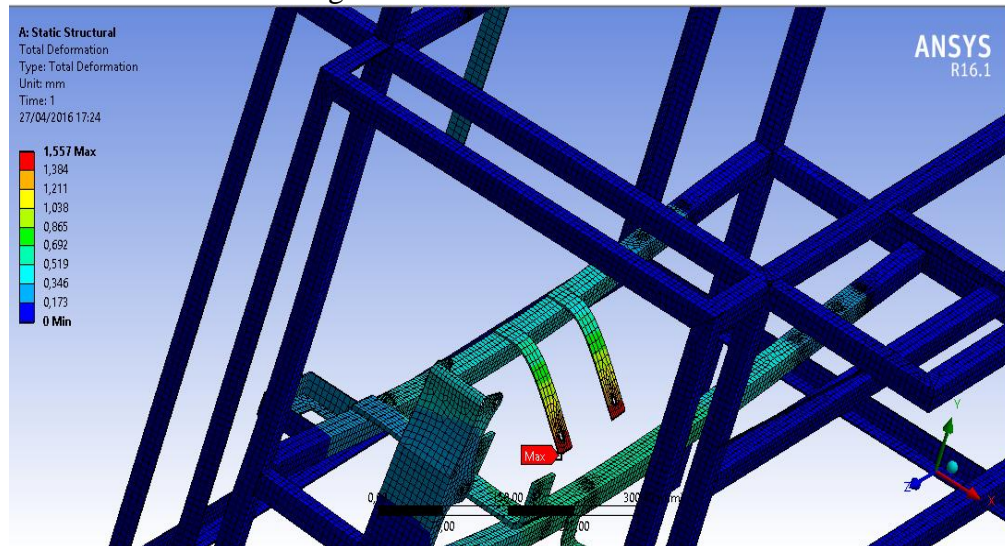


Fuente: Autores



En la figura 27, se muestra el resultado de la deformación máxima, esta deformación también se origina en las platinas que sujetan al tanque de combustible, dando un valor de deformación máxima de 1,557 mm que sería un valor muy bajo de deformación.

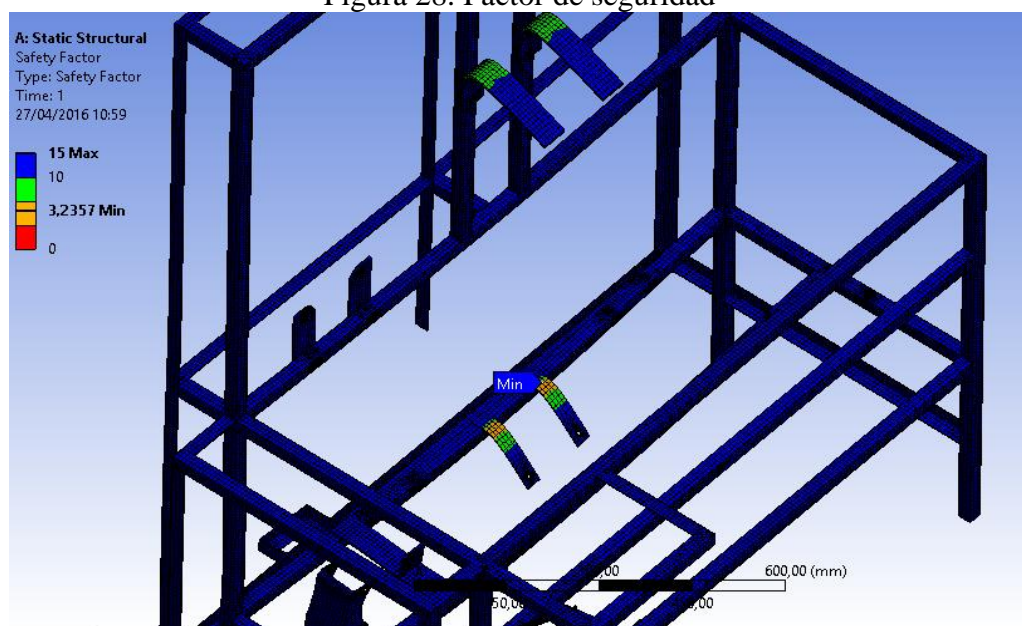
Figura 27. Deformación máxima



Fuente: Autores

En la figura 28, se observa el resultado del factor de seguridad que fue proporcionado por el propio programa, este valor es de 3,23 lo que indica que la estructura esta sobre dimensionada ya que el factor de seguridad de un diseño tiene que ser mayor a 1 para que no existan fallas.

Figura 28. Factor de seguridad



Fuente: Autores

Como se observa en los gráficos el resultado de esfuerzo máximo es 77,262 MPa, tomando en cuenta que el límite de fluencia del material es de 250 MPa y no presenta ningún inconveniente para la fabricación de la estructura ya que no se supera el valor del material, el factor de seguridad es de 3,23 sabiendo que el factor de seguridad debe ser mayor a 1 para evitar falla, y finalmente la deformación total de la estructura es apenas 1,557 mm siendo un valor despreciable.

### **3.2 Selección de materiales para la elaboración de la estructura del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.**

Mediante el análisis estructural realizado se determinó el material apropiado que sea capaz de soportar el peso de los elementos constituyentes del sistema de inyección electrónica diésel CRDI.

Se debe tener en claro la función a la que va a estar sometida dicha estructura, el diseño de la misma y el material con el cual se realizará su fabricación posteriormente. Tomando en cuenta otros requisitos de fabricación de la estructura se puede incluir los siguientes parámetros:

- La naturaleza de las fuerzas aplicadas al componente.
- Los tipos y magnitudes de los esfuerzos creados por las fuerzas aplicadas.
- La deformación admisible del componente en sus puntos críticos.
- La conexión con otros componentes del producto.
- El ambiente en el que debe funcionar el componente.
- El tamaño físico y el peso del componente.
- Factores estéticos que se esperan del componente y del producto en general.
- Las metas de costos del producto en su totalidad.
- Anticipar los procesos de manufactura disponible.

#### **3.2.1 *Tubo estructural ASTM A36.***

El material que se utilizará en la construcción del tablero didáctico es tubo estructural negro cuadrado de 1" x 1" ASTM A36, ya que en el estudio que se realizó anteriormente proporcionó un buen resultado la utilización de este material.

El tubo cuadrado que se utilizará ofrece grandes ventajas para fabricar la estructura del tablero didáctico las mismas que por su forma cerrada y bajo peso presentan un mejor comportamiento a esfuerzos de torsión y resistencia al pandeo; facilidad de montaje, permitiendo la realización de uniones simples por soldadura ver anexo A.

El tratamiento superficial más usual que se aplica a este producto es el galvanizado en caliente, que da como resultado un material más resistente a la corrosión que elimina la necesidad de pintado posterior.

Figura 29. Tubo estructural negro cuadrado

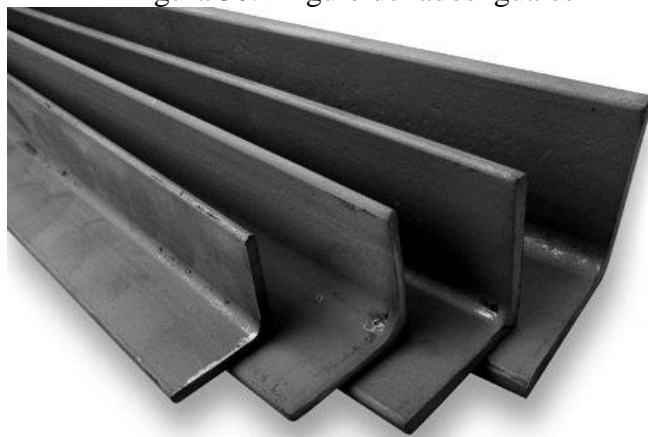


Fuente. <http://www.construplaza.com/Tubo-negro-estructural-cuadrado>

### 3.2.2 Ángulo estructural ASTM A36.

Debido a la utilización que se requerirá en el tablero didáctico, se optó por utilizar un ángulo de lados iguales de 3/4" x 1/8" ASTM A36. Debido al bajo peso que presenta el ángulo y a su utilización a la que se requerirá es suficiente usar un ángulo de estas características ver anexo A.

Figura 30. Ángulo de lados iguales



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/mild-steel-a36-x-20-ft>



### 3.2.3 *Platina ASTM A36.*

Se utilizará platinas ASTM A36 de ½” de ancho por 3 mm de espesor para la construcción del soporte del tanque de combustible, también se usarán para sostener los sensores CMP y CKP. Para sujetar la bomba de alta presión y el riel de inyección se utilizó platinas de mayor dimensión que las anteriores ya que en estos puntos se realizara mayor esfuerzos, las platinas que se utilizó son de 2” de ancho por 5 mm de espesor.

Figura 31. Platinas



Fuente. <https://www.google.com.ec/search?q=platina+estructural>

### 3.2.4 *Láminas metálicas ASTM A653.*

El tipo de lámina metálica que se utilizará para el tablero didáctico es de acero galvanizado ASTM A653, se decidió utilizar este tipo de lámina metálica porque es de fácil adaptación al trabajo que se realizó y también brinda una facilidad al momento de cortar.

Figura 32. Láminas metálicas



Fuente: [http://la-paz-bo.all.biz/laminas-de-acero-galvanizados-g10083#.V2tbw\\_nhDIU](http://la-paz-bo.all.biz/laminas-de-acero-galvanizados-g10083#.V2tbw_nhDIU)

### 3.2.5 Tabla triplex

Debido a la gran variedad de tableros triplex que se puede encontrar en el mercado se optó por utilizar un material de este tipo. Realizado el estudio correspondiente se puede observar que si es posible la utilización de una tabla de 12 mm, las cual tiene las características de la tabla triplex se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4. Datos de tablas triplex

PRUEBA	RESISTENCIA A LA FLEXION (kg/cm <sup>2</sup> )		RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )	
	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS DE LAS CARAS	PARALELA A LAS FIBRAS DE LAS CARAS	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS DE LAS CARAS	PARALELA A LAS FIBRAS DE LAS CARAS
CALIBRE mm				
12	365.05	396.64	290.61	165.19

Fuente: Autores

Usar una tabla triplex ofrece una gran resistencia a la flexion como a la compresión por lo cual soportará las fuerzas a la que va a estar sometida y se evitará tener mayor peso sobre la estructura del tablero didáctico.

Figura 33. Tabla triplex



Fuente: <http://madehomes.com.co/Lamina-otobo-triplex-b>

### **3.3 Selección de elementos para el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.**

Entre los elementos primordiales en la construcción del tablero didáctico están la bomba de alta presión, el riel común y las cañerías de alta presión que se utilizarán para la implementación del tablero. Se debió tomar en cuenta el costo, la accesibilidad y el estado de los elementos que se van a adquirir.

#### **3.3.1 *Tanque de combustible.***

Las razones por las que se seleccionó un tanque de plástico son porque presenta un menor peso, mayor resistencia al impacto, menor riesgo de explosión, resistencia a la corrosión y eficacia y flexibilidad en la utilización del espacio.

Figura 34. Tanque de combustible

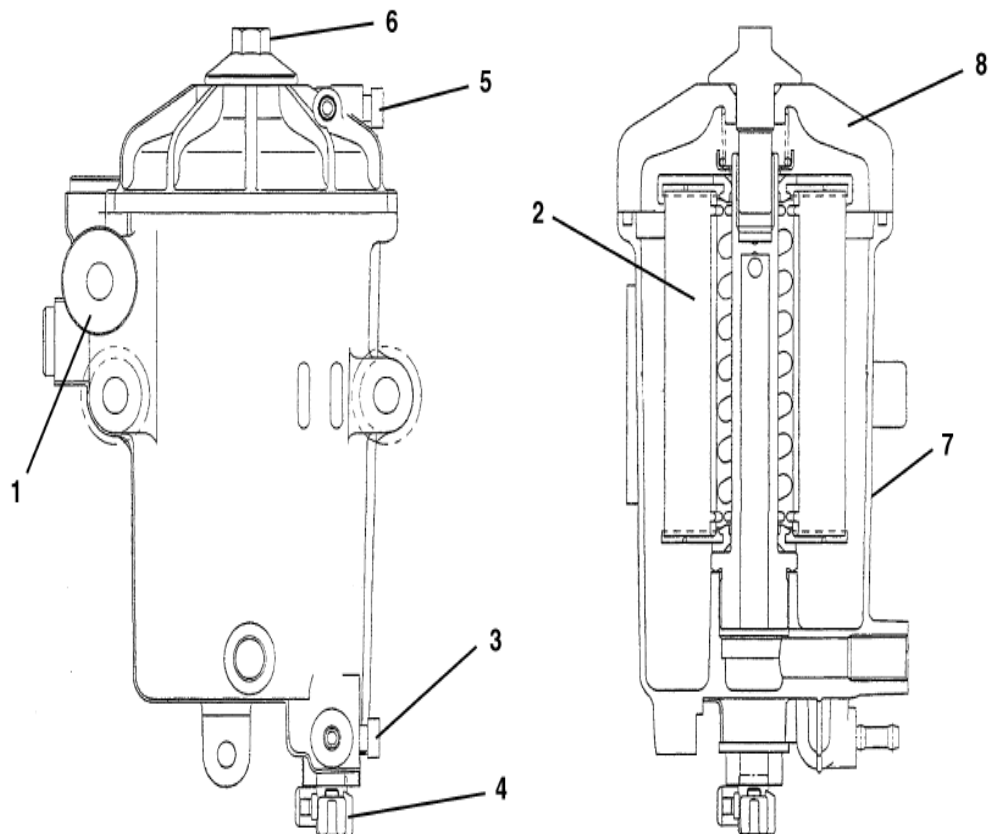


Fuente: Autores

#### **3.3.2 *Filtro de combustible.***

El filtro de combustible que se empleará es el propio del sistema, el mismo que garantiza una mejor protección del sistema, el cual protegerá el combustible de agua y partículas de suciedad que pudiesen pasar a la bomba de alta presión y causar daños severos en todo el sistema, y así ayudando a proteger el buen funcionamiento del sistema.

Figura 35. Filtro de combustible



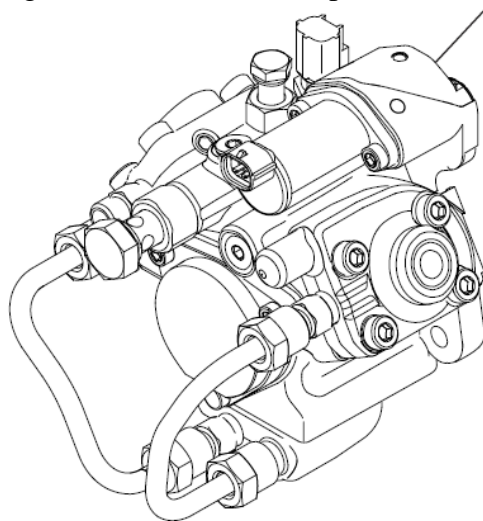
Fuente: Hino Motors

1. Bomba de cebado manual
2. Elemento
3. Tapón de drenaje
4. Sensor del nivel de agua
5. Tapón de desfogue
6. Perno central
7. Cuerpo
8. Tapa

### **3.3.3 Bomba de alta presión.**

La bomba de alta presión que se usará en el tablero didáctico es una HP4 la cual se encuentra entre la parte del sistema de baja presión y la parte del sistema de alta presión. Esta bomba tiene la obligación de poner siempre a disposición suficiente combustible comprimido, en todos los regímenes de servicio y durante toda la vida útil del vehículo.

Figura 36. Bomba de alta presión HP4

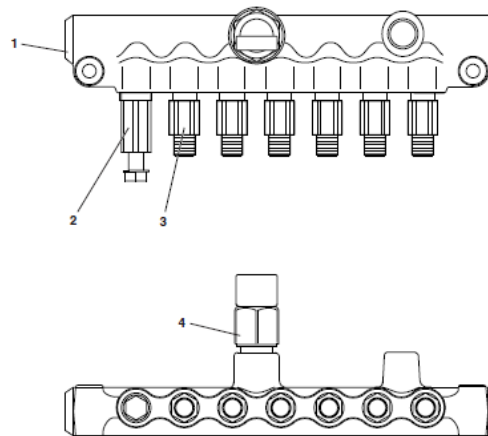


Fuente: Hino Motors

#### 3.3.4 Riel de inyectores.

El riel común a emplearse en el tablero didáctico posee un sensor de presión de combustible el cual mide presiones de 0 a 180 Mpa y envía una señal a la ECU. Este elemento se encarga de almacenar el combustible y distribuirlo a cada inyector de los cilindros.

Figura 37. Riel común



Fuente: Manual de Servicio DENSO

1. Common rail
2. Limitador de presión
3. Obstructor de flujo
4. Sensor de presión



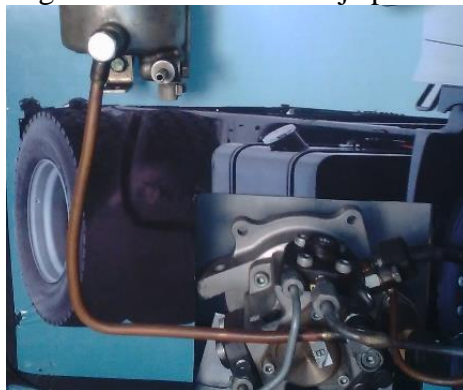
El sensor de presión del riel es el encargado de medir la presión que se genera en la riel y enviar una señal a la ECU; el sensor FTS este sencillamente es el encargado de medir la temperatura del combustible que circula por el sistema; el sensor MAP este mide la presión sobre el nivel del mar a la que se encuentra funcionando el sistema; sensor ECT es el que mide la temperatura del refrigerante del motor a la que se encuentra funcionando; sensor APP es el que detecta la posición a la que se encuentra el pedal del acelerador para así poder saber si la ECU necesita enviar más o menos combustible al sistema.

### **3.3.7** *Cañerías de baja presión.*

En el sistema de baja presión el combustible es succionado por la bomba de alta presión, el cual es conducido por cañerías de cobre. Estas cañerías realizan la conexión entre el tanque de combustible, el filtro de combustible y la bomba de alta presión.

El material que se decidió utilizar para el sistema de baja presión son cañerías de cobre de (3/8 y 1/2) pulg por lo que en el sistema de baja presión no se sobrepasan presiones de 3 a 4 bares y estas cañerías son lo suficientemente resistentes para estas presiones.

Figura 39. Cañerías de baja presión



Fuente: Autores

### **3.3.8** *Cañerías de alta presión.*

En el sistema de alta presión el combustible es impulsado por la bomba, el cual es conducido por una cañería especial de diámetro exterior de 7 mm y diámetro interior de 3mm. Esta cañería realiza la conexión entre el conducto de la bomba de alta presión con el riel; y desde la riel se realiza la conexión con los inyectores por medio de las cañerías de alta presión.

Estas cañerías de alta presión son construidas en acero trefilado de buena calidad para poder resistir las presiones que varía de 500 a 9000 PSI por lo cual se debe revisar que no se encuentren deterioradas porque puede ser muy peligroso para la persona que se encuentre operando el tablero.

Figura 40. Cañería de alta presión



Fuente: Autor

### **3.3.9** *Acoples rápidos de baja presión.*

El acople rápido de baja presión es aquel que recibe el impacto de la pulverización del combustible diésel causado por el inyector, dentro de este acople se inyecta el combustible que será guiado hacia las probetas de medición. En la (figura 41) se observa el acople rápido de baja presión.

Figura 41. Acoples rápidos



Fuente: Autores



### 3.3.10 Motor de combustión interna.

Para generar el movimiento de la bomba de alta presión HP4 se colocó un motor de motocicleta de cilindrada 199.0 cc y que tiene una potencia de 11 KW. Se utilizará este motor debido a que en las especificaciones de la bomba de alta presión HP4 se necesita una potencia de 4 KW, siendo el motor utilizado lo suficientemente potente para generar el movimiento de la bomba.

Tabla 5. Especificaciones técnicas del motor

<b>Cilindrada</b>	199.0 cc.
<b>Potencia</b>	11 KW (15 CV)
<b>Tipo de motor</b>	4 Tiempos
<b>Cilindros</b>	1
<b>Alimentación</b>	Carburador
<b>Refrigeración</b>	Aire
<b>Arranque</b>	Eléctrico
<b>Embrague</b>	Multidisco húmedo

Fuente: [http://motos.autocity.com/secciones/moto\\_nueva/ficha/index\\_ficha.html](http://motos.autocity.com/secciones/moto_nueva/ficha/index_ficha.html)

Figura 42. Motor de motocicleta.



Fuente: Autores

### 3.3.11 Banda de transmisión.

La banda de transmisión que se utilizara es una banda tipo V acanalada, es la encargada de transmitir el movimiento del motor hacia la polea de la bomba de alta presión y a la polea de la rueda del sensor CKP.

Los tipos de bandas que se utilizaron en el tablero se detallan en la siguiente tabla 6.

Tabla 6. Bandas de transmisión

<b>Tipos de Bandas</b>	<b>Designación</b>
Banda en V	Lp A-58
Banda en V	Lp A-62

Fuente: Autores

Figura 43. Banda de transmisión



Fuente: <http://www.acdelco.mx/#/productos/bandas>

### 3.3.12 Fuente de alimentación.

El funcionamiento del sistema utiliza un voltaje de 24V, para ello se usará la fuente de alimentación que tiene como propósito de transformar la tensión alterna de la red industrial en una tensión casi continua de 24V y de producir un amperaje aproximado de 10 Amp.

Para lograrlo, aprovecha las utilidades de un rectificador, de fusibles y de otros elementos que hacen posible la recepción de la electricidad y permiten regularla, filtrarla y adaptarla a los requerimientos del sistema.

Figura 44. Fuente de alimentación



Fuente: Autores

### **3.3.13** *Volante de inercia.*

El volante de inercia que se implementara en el tablero didáctico es el mismo que viene en los motores J08E que utilizan los camiones Hino serie 500, este volante tiene 48 orificios los cuales sirven para que el sensor CKP cense la posición del volante.

Figura 45. Volante de inercia



Fuente: Autores

### **3.3.14** *Rueda del sensor CMP*

La rueda que se implementara en el tablero didáctico se la fabricó en base a la rueda original del árbol de levas, la misma que viene en los motores J08E que utilizan los camiones Hino serie 500, esta rueda tiene 7 puntos de referencia que sirven para que el sensor CMP cense.

Figura 46. Rueda del sensor CMP



Fuente: Autores

### 3.4 Selección de los elementos de seguridad para el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.

#### 3.4.1 Caja de Vidrio templado.

Para proteger a los estudiantes que se encuentren manipulando el tablero didáctico se instaló una caja de cristales para evitar que sufran algún tipo de salpicaduras de diésel con el que funciona el sistema y en caso de que algún elemento salga proyectado hacia las personas que se encuentren manipulando. Este cristal es de 6 mm de espesor, es muy resistente a impactos que se puedan producir; también es de fácil limpieza en caso de que sea necesario. Tiene una venta en la parte frontal de la caja para facilitar las mediciones que se desee realizar en el tablero didáctico.

Figura 47. Caja de protección contra salpicaduras



Fuente: Autores

### 3.4.2 Ducto flexible de aluminio.

Para evacuar los gases que produce el motor de combustión se utilizara un ducto flexible de aluminio, por su fácil forma de adaptación a cualquier lugar donde se requiera y por la propiedad que posee el aluminio de disipar más rápidamente el calor; ayuda a evitar quemaduras a los alumnos que manipulen el banco didáctico.

Figura 48. Ducto flexible



Fuente: Autores

### 3.4.3 Avisos de advertencia.

Para evitar accidentes durante la manipulación del tablero didáctico, se colocarán sellos de advertencia sobre los lugares que pueden causar lesiones, tales como las de peligro de quemadura, alto voltaje, no tocar, maquina en movimiento.

Figura 49. Imágenes de precaución



Fuente: <http://www.grabadoringles.com/traficoseguridad/peligro.htm>

## CAPITULO IV

### 4. IMPLEMENTACIÓN Y ENSAMBLAJE DE PARTES.

#### 4.1 Construcción de la estructura metálica para el soporte del sistema de inyección electrónica CRDI.

Una vez realizado el análisis estructural correspondiente, y seleccionado el material apropiado para que soporte los componentes del sistema de inyección electrónica diésel CRDI, se procedió a la construcción de la estructura metálica.

##### 4.1.1 *Corte de los materiales a utilizar en la estructura metálica.*

Los tubos cuadrados y los ángulos se los seccionará de la siguiente manera:

- Dos tubos cuadrados de 900 mm de largo serán utilizados de parantes para la estructura metálica.
- Cuatro tubos cuadrados de 900 mm de largo que servirán de soporte para la mesa.
- Cinco tubos cuadrados de 1260 mm de largo que serán colocados de largueros en la mesa.
- Cuatro tubos cuadrados de 499 mm de largo que se ocuparán de unión entre los parantes y los largueros.

Figura 50. Corte de los tubos



Fuente: Autores

- Dos ángulos de 1620 mm de largo que se usarán para atornillar la lámina metálica.
- Cuatro ángulos de 1260 mm de largo que servirán para atornillar la lámina metálica.

Figura 51. Corte de los ángulos



Fuente: Autores

- Dos ángulos de 547 mm de largo, los cuales valdrán para atornillar la lámina metálica.
- Dos ángulos de 720 mm de largo, los mismos que servirán para atornillar la lámina metálica.
- Doce ángulos de 120 mm de largo que se aprovecharán de unión entre la lámina metálica y la estructura.

#### **4.1.2** *Ensamblaje de los materiales para formar la estructura metálica.*

El ensamblaje de la estructura metálica se realizará de la siguiente manera:

- Con dos tubos cuadrados de 1260 mm y otros dos tubos cuadrados de 499 mm se formó un rectángulo.
- En cada ángulo que se ha formado del rectángulo se soldó los otros cuatro tubos de 900 mm, los cuales servirán de soporte para la mesa de la estructura metálica.



- Con los otros dos tubos cuadrados de 900 mm y uno de 1260 mm se formó la base posterior de la estructura metálica donde irán sujetas las platinas que sostendrán el riel común y otros elementos que componen el sistema de inyección electrónica diésel.

Figura 52. Formación de la estructura



Fuente: Autores

- Para facilitar la colocación de las bases del motor y la colocación del volante del cigüeñal se procedió a soldar unos tubos en los soportes de la mesa.
- Con los dos ángulos de 1620 mm y los tres ángulos de 1260 mm se armó la base para poder colocar la lámina metálica. Y se utilizó los ángulos de 120 mm para unir a la estructura metálica.
- Se Procedió a soldar los dos ángulos de 547 mm y los otros dos ángulos de 720 mm para formar la otra base donde se atornillará la lámina metálica.

Figura 53. Base para atornillar la lámina metálica



Fuente: Autores



- Se soldó dos platinas de 120 mm cada una, las mismas que tienen unas perforaciones en los extremos para colocar los tornillos que posee el tanque de combustible y a su vez este se atornille a las platinas.

Figura 54. Platinas de sujeción del tanque



Fuente: Autores

- Se unió una platina de 285 mm en la posición donde se encuentra la rueda que simula al árbol de levas ver figura 55, en esta platina se ubicará al sensor CMP el cual tiene que estar fijamente sin sufrir movimiento para que no emita una señal errónea a la ECM.

Figura 55. Platinas del sensor CMP



Fuente: Autores

- Se procedió a soldar una platina de 150 mm de largo en la cual irá atornillado el sensor CKP, este sensor marca la posición en la que se encuentra el volante del cigüeñal por lo cual tiene que estar bien fijo para que no emita señal errónea.

Figura 56. Platina del sensor CKP



Fuente: Autores

- Se añadió una base para el panel de control la cual fue construida con un ángulo de lados iguales de  $\frac{3}{4}$  que posteriormente fue soldada a la estructura, para hacer más resistente a esta base se añadió una platina en la parte inferior de la base del panel de control como se observa en la figura 57.

Figura 57. Base del panel de control



Fuente: Autores

- Se utilizó un ángulo de lados iguales de  $\frac{3}{4}$  para realizar la base donde se alojará la batería del motor, y que posteriormente se soldó a la parte posterior de la estructura como se muestra en la figura 58.

Figura 58. Base de la batería



Fuente: Autores

- Se soldó las bases originales del motor de la moto para tener una mejor superficie de fijación con el motor.

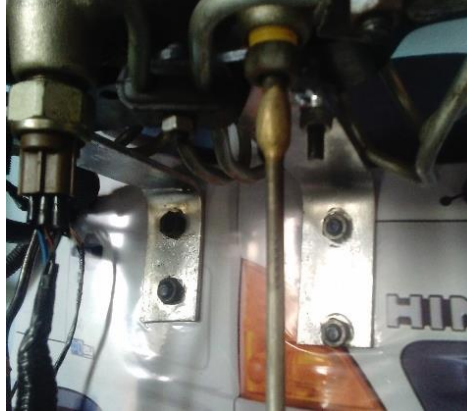
Figura 59. Base de la moto



Fuente: Autores

- Se utilizó dos platinas reforzadas para sujetar el riel de inyección, las mismas que fueron empernadas con la tabla triplex y la estructura.

Figura 60. Bases del riel



Fuente: Autores

- Se utilizó un par de platinas reforzadas para sujetar la bomba de alta presión, en una de las platinas tiene una ranura para poder realizar el tensado de la banda, estas platinas se fijan a la base de la estructura con pernos de 3/8 como se muestra en la figura 61.

Figura 61. Platinas de la bomba



Fuente: Autores

#### **4.1.3 Colocación de complementos a la estructura metálica.**

Se instaló los complementos que serán necesarios en la estructura metálica como:

- Se cortó la tabla triplex a la medida que se requería y posteriormente se procedió a atornillar en la estructura con tornillos de  $\frac{1}{4}$ , en esta tabla irán alojados algunos de los componentes del sistema de inyección electrónica diésel.

Figura 62. Colocación de la tabla triplex



Fuente: Autores

- Se procedió a cortar las dos láminas metálicas a las medidas que se necesitaba para cubrir las partes posterior, lateral y frontal de la estructura de tablero didáctico.

Figura 63. Corte de las láminas metálicas



Fuente: Autores

- Se atornilló las láminas metálicas en los ángulos que fueron soldados en todo el contorno de la estructura como se observa en la figura 64, para dar un mejor acabado estético del tablero didáctico.

Figura 64. Colocación de las láminas



Fuente: Autores

#### 4.1.4 Acabados de la estructura metálica.

Una vez soldada toda la estructura y colocado algunos de los complementos se procede a los acabados superficiales para dar una mejor apariencia a la estructura, para ello se realizará lo siguiente:

- Se procedió a eliminar todas las asperezas producidas por la suelda que se realizó en la estructura, para ello se utilizó una amoladora.

Figura 65. Eliminación de asperezas



Fuente: Autores

- Se limpió toda la estructura con tiñer para quitar cualquier presencia de grasa u óxido que pueda haber existido en los materiales utilizados y así tener un mejor acabado al momento de pintar.



- Luego de haber quitado las asperezas y haber limpiado con tiñer, se pintó la estructura metálica de color azul para evitar que se oxide los materiales utilizados y tener un mejor aspecto de la estructura.

Figura 66. Pintado de la estructura



Fuente: Autores

- Después de haber pintado la estructura se procedió con el pintado de las láminas metálicas y la tabla triplex para obtener una mejor apariencia estética del tablero didáctico.

Figura 67. Pintado de las láminas metálicas



Fuente: Autores

- Para tener una mejor superficie en el tablero didáctico se colocó un adhesivo de color plomo resistente a líquidos que puedan derramarse sobre el tablero y sea de fácil limpieza.

Figura 68. Pegado del adhesivo



Fuente: Autores

- Para tener una mejor imagen al tablero didáctico se colocó una gigantografía en la tabla triplex en la que se ubicarán el riel común, el filtro, la bomba y demás elementos.

Figura 69. Colocación de la imagen.



Fuente: Autores



## **4.2 Instalación de componentes del sistema de inyección electrónica CRDI.**

### **4.2.1 Instalación del sistema de baja presión.**

#### **4.2.1.1 Implementación del tanque de combustible.**

Se utilizó un tanque de plástico, sobre el cual se realizó un agujero en la parte inferior derecha el mismo que servirá de salida de combustible hacia el filtro del sistema CRDI, por medio de una cañería de cobre de 10 mm de diámetro interior y 12 mm de diámetro exterior.

Figura 70. Colocación del tanque de combustible



Fuente: Autores

En el mismo tanque se realizó un agujero en la parte superior derecha el mismo que será utilizado para el retorno de combustible del sistema CRDI, y otro en la tapa del tanque el cual servirá para el vaciado de las probetas.

#### **4.2.1.2 Instalación de las cañerías de baja presión del sistema.**

Se utilizó una cañería de cobre de 10 mm de diámetro interior y 12 mm de diámetro exterior la misma que conecta al tanque de combustible con el filtro.

Figura 71. Unión del tanque con el filtro



Fuente: Autores

Otra de las cañerías de baja presión es la que conecta el filtro de combustible con la bomba de alta presión, estos dos elementos están conectados mediante una cañería de cobre de 10 mm de diámetro interior y 12 mm de diámetro exterior

Figura 72. Unión del filtro con la bomba



Fuente: Autores

Se colocó una cañería para recoger el combustible de retorno que proviene de la bomba de alta presión, la riel de inyectores y de los propios inyectores, esta cañería es de cobre de 8 mm de diámetro exterior y 6 mm de diámetro interior la misma que se dirige hacia el tanque de combustible.

Figura 73. Cañerías de retorno de combustible



Fuente: Autores

#### **4.2.1.3 Colocación del filtro de combustible.**

Se colocó el filtro de combustible en el tablero, sujetándolo por medio de dos pernos 3/8 x 3" como se observa en la figura 74; por el cual va a pasar el combustible que viene desde el tanque para luego ser filtrado y que llegue hasta la bomba de alta presión.

Figura 74. Colocación del filtro



Fuente: Autores

#### **4.2.2 Instalación del sistema de alta presión.**

##### **4.2.2.1 Colocación de la bomba de alta presión.**

Se colocó la bomba de alta presión sobre la estructura, para ello se utilizó dos platinas y cuatro pernos 3/8 x 1"1/2 para sujetar a la bomba de alta presión, una de las platinas tiene una ranura o guía para poder ajustar o desajustar la banda que utilizamos para transmitir el movimiento del motor hacia la bomba de alta presión.

Figura 75. Colocación de la bomba



Fuente: Autores

#### **4.2.2.2 Instalación de las cañerías de alta presión.**

Se utilizó una cañería de alta presión del sistema de inyección lineal convencional que fue colocada desde la bomba de alta presión hacia el riel común, esta cañería fue fabricada al tamaño y forma necesaria, y a su vez fue soldada a los acoples de la bomba de alta presión y de la riel.

Figura 76. Instalación de la cañería



Fuente: Autores

#### **4.2.2.3 Montaje del riel común y los inyectores.**

Se montó la riel común al tablero didáctico en la posición donde se encuentran ubicada las platinas que la van a sostener, después de ser atornillada la riel común se procede a colocar los inyectores por medio de las cañerías de alta presión, a cada inyector se conecta su respectivo conducto de retorno de combustible, que a su vez están unidos a una cañería en común para su retorno al tanque de combustible.

Figura 77. Montaje del riel común



Fuente: Autores

#### **4.2.3 Instalación del sistema de vaciado de las probetas.**

##### **4.2.3.1 Colocación de las probetas de medición.**

Se atornillo las probetas de medición para cada inyector en la mesa del tablero didáctico, previamente las probetas fueron perforadas en la parte inferior con el fin de colocar unos acoples para las mangueras de vaciado, las cuales servirán para la medición del caudal que genere cada inyector.

Figura 78. Colocación de las probetas



Fuente: Autores



#### **4.2.3.2** *Instalación de las mangueras de retorno de las probetas.*

Se utilizó manguera plástica transparente de 7 mm de diámetro interior y de 10 mm de diámetro exterior para vaciar el combustible de las probetas, estas mangueras se conectan a los acoples de las probetas, y a su vez se conectan a un conducto común que contiene una llave de paso para luego ser vaciado al tanque de combustible por medio de una manguera de las mismas características.

Figura 79. Instalación de las mangueras de retorno



Fuente: Autores

### **4.3 Adaptación del motor y del mecanismo que transmite el movimiento al sistema de inyección electrónica CRDI.**

#### **4.3.1** *Adaptación del motor y sus sistemas.*

##### **4.3.1.1** *Colocación del motor.*

El motor que fue seleccionado para generar el movimiento de la bomba de alta presión se lo colocó en el tablero en la posición en la que se encuentran soldadas las bases propias del motor como se observa en la figura 81, para sujetar el motor con las bases se utilizó pernos milimétricos M8 x 5”.

Figura 80. Colocación del motor



Fuente: Autores

Para la alimentación de combustible del motor se utilizó un tanque plástico que fue colocado en la parte posterior de la estructura, para facilitar el llenado del combustible se construyó una puerta.

Figura 81. Tanque de combustible del motor



Fuente: Autores

#### **4.3.1.2 Instalación del sistema eléctrico del motor.**

Para realizar la conexión del sistema eléctrico del motor se procedió a la utilización de un diagrama eléctrico de la moto ver ANEXO B, en el que se observa cada color de cable y hacia donde tiene que ir conectado.

#### **4.3.1.3 Adaptación del sistema mecánico del motor.**

**4.3.1.3.1 Adaptación del acelerador del motor.** Se colocó la palanca del acelerador en el tablero didáctico sujeta mediante un perno, después se realizó un orificio en la palanca del acelerador, luego se pasó el cable que viene desde el carburador y se le adaptó un prisionero al cable.

Figura 82. Acelerador del motor



Fuente: Autores

**4.3.1.3.2 Adaptación del embrague de la moto.** Se instaló el cable del embrague en el motor, luego se colocó la palanca del embrague en el tablero didáctico mediante un perno, al mismo tiempo se pasó el cable por el orificio de la palanca y se ubicó un prisionero en la punta del cable.

Figura 83. Adaptación del embrague



Fuente: Autores



**4.3.1.3.3 Adaptación del ahogador de la moto.** Se implementó el ahogador del motor mediante un cable que va conectado al ahogador del carburador, el cual al momento de halar cierra la mariposa que permite el flujo de aire hacia el carburador.

Figura 84. Ahogador de la moto



Fuente: Autores

#### **4.3.2 Adaptación de los mecanismos que transmiten el movimiento.**

La transmisión del movimiento hacia los distintos elementos que componen el sistema de inyección electrónica diésel se la realizó por medio de bandas y poleas.

##### **4.3.2.1 Transmisión del movimiento a la bomba de alta presión.**

Para generar el movimiento de la bomba se aprovecha la potencia que sale del motor por medio de un engranaje y una cadena la cual se une a otro engranaje que esta soldado al eje principal que va a transmitir el movimiento a la polea de 4" y que esta a su vez transmite el movimiento a la polea de la bomba por medio de una banda A-62.

Figura 85. Transmisión del movimiento de la bomba



Fuente: Autores

#### **4.3.2.2 Transmisión del movimiento a la rueda del sensor CMP.**

El movimiento de la rueda del sensor CMP es transmitido por el eje principal el mismo que recibe la potencia del motor por medio de un engranaje y una cadena. La rueda del sensor CMP está fijada a este eje principal por medio de un chavetero como se observa en la figura 86.

Figura 86. Transmisión del movimiento a la rueda del sensor CMP



Fuente: Autores

#### **4.3.2.3 Transmisión del movimiento a la rueda del sensor CKP.**

Para transmitir el movimiento a la rueda del sensor CKP se realiza por medio de la polea de 4" del eje principal a la polea de 2" del eje de la rueda del sensor CKP por medio de una banda A-58, la rueda del sensor está fijada al eje mediante prisioneros los cuales evitan deslizamientos de la rueda.

Figura 87. Transmisión del movimiento a la rueda del sensor CKP



Fuente: Autores

## CAPITULO V

### 5. PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA CRDI.

#### 5.1 Plan de pruebas.

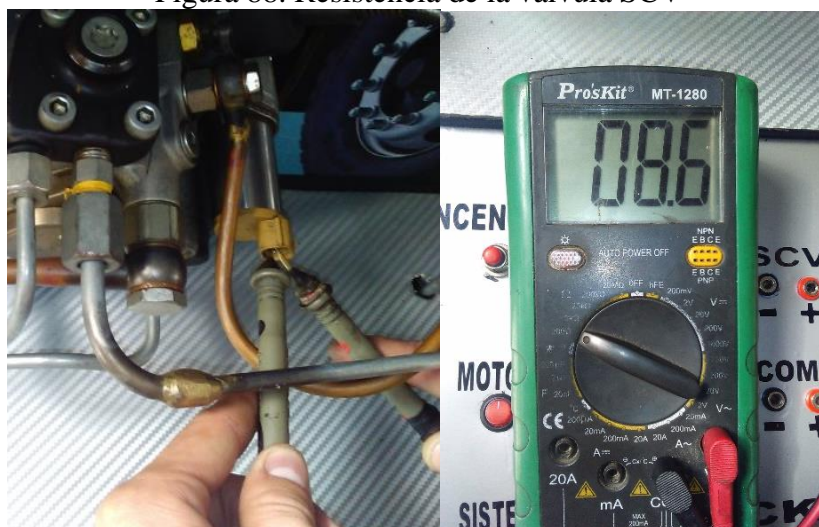
Para realizar las pruebas correctamente en el tablero didáctico, se debe utilizar las herramientas y equipos necesarios. Las pruebas se realizan de acuerdo a la siguiente estructura:

##### 5.1.1 Pruebas eléctricas del sistema de inyección electrónica CRDI.

##### 5.1.1.1 Medición eléctrica de la válvula SCV.

Se procede a medir la resistencia de la válvula SCV, según el manual de Hino Motors da un valor de resistencia de aproximadamente 7.4 a 8.4  $\Omega$ , para verificar este valor el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica tiene que estar en OFF, desconecte el socket de la válvula SCV, se coloca la escala del multímetro en  $\Omega$  y se conecta los cables del multímetro en los pines de la válvula SCV el cual nos da una lectura de 8.6  $\Omega$  el cual se encuentra en los parámetros establecidos por el manual de Hino Motors.

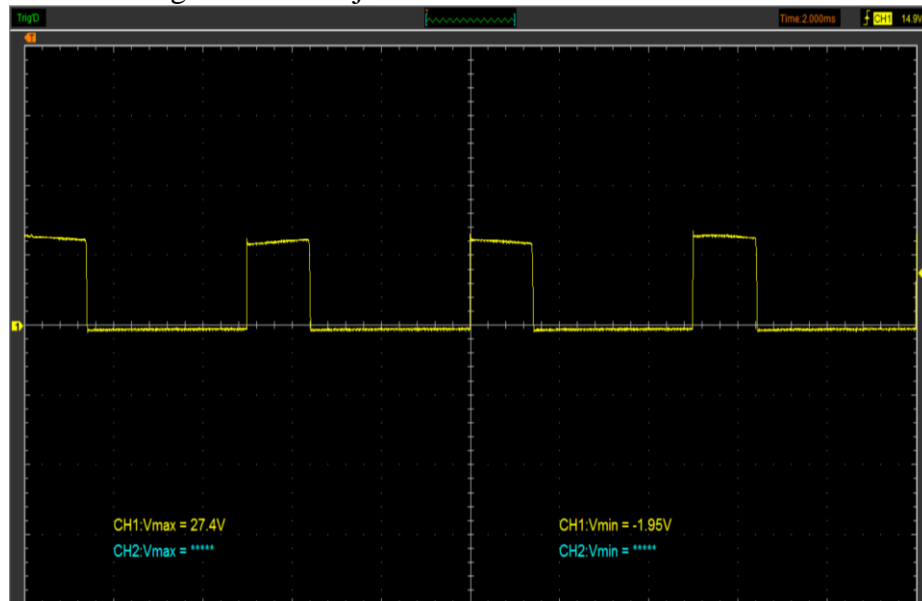
Figura 88. Resistencia de la válvula SCV



Fuente: Autores

Para observar la señal de pulsos de activación de la válvula SCV se procede a medir con el osciloscopio, según el manual de Hino Motors el voltaje de activación de la válvula SCV se puede medir 40 segundos después de activar el sistema y es un valor de 0 a 24V, coloque el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en posición ON y ponga en funcionamiento el tablero didáctico; con el uso del osciloscopio se puede observar la gráfica de estos pulsos de voltaje de la válvula SCV ver figura 89 que da un voltaje mínimo 1.95V y un voltaje máximo de 27.4 V.

Figura 89. Voltaje de activación de la válvula SCV



Fuente: Autores

#### 5.1.1.2 Medición eléctrica del sensor de temperatura del combustible (FTS).

Según el manual de Hino Motors el valor de la resistencia del sensor FTS tiene que estar en el rango de los valores de la tabla 7, si la resistencia no se encuentra en este rango es por mal funcionamiento del sensor.

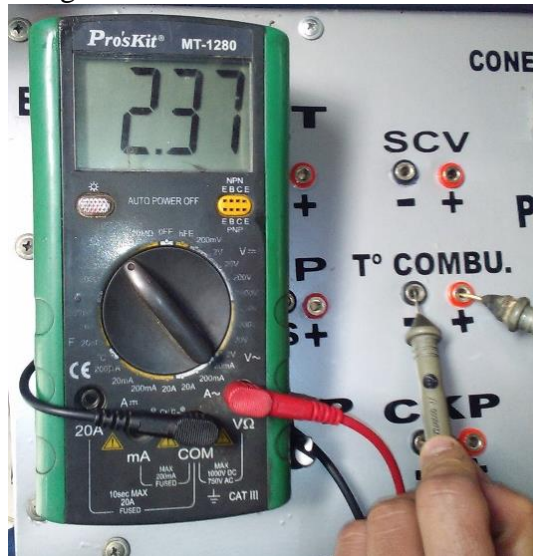
Tabla 7. Valores del sensor de temperatura de combustible

Resistencia ( $\Omega$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
2.45 K $\Omega$	20
1.15 K $\Omega$	40
584 $\Omega$	60
318 $\Omega$	80

Fuente: Manual de Hino Motors

Se procede a medir la resistencia del sensor FTS utilizando el multímetro, para realizar esta prueba el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica tiene que estar en posición OFF, se debe desconectar los conectores D y E del mazo de cables en el lado de la ECU, se conecta el cable rojo en positivo y el cable negro en negativo el cual da una lectura de 2.37 K $\Omega$  a temperatura ambiente de 20 °C, el cual se encuentra en los parámetros establecidos por el manual de Hino Motors.

Figura 90. Resistencia del sensor FTS



Fuente: Autores

Para medir el voltaje del sensor FTS se coloca el interruptor del sistema de inyección electrónica en ON, se pone en funcionamiento el sistema, con el multímetro y el scanner se puede observar a que temperatura está trabajando el motor.

Figura 91. Voltaje del sensor FTS



Fuente: Autores



### 5.1.1.3 Medición eléctrica del sensor de presión del riel.

Se procede a medir el voltaje de activación del sensor de presión del riel, según el manual de Hino Motors da un valor aproximadamente 4.5 a 5.5V, para comprobar este valor el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en ON, con el uso del multímetro se procede a medir el voltaje de activación del sensor, se conecta el cable rojo en positivo y el cable negro en negativo el cual da un lectura de 4.97 V el cual se encuentra en el rango establecido.

Figura 92. Voltaje de activación del sensor de presión del riel



Fuente: Autores

Se procede a medir la señal del sensor de presión del riel, según el manual de Hino Motors da un valor aproximadamente 0.7 a 4.7V, para realizar esta medición se ubica el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en ON, y con el uso del multímetro se obtiene el voltaje de señal del sensor de presión del riel, el cual da una lectura de 0.99 V lo que indica que está en los parámetros establecidos.

Figura 93. Voltaje de señal del sensor de presión del riel



Fuente: Autores

Con el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en ON y el sistema funcionando, se procede a medir el voltaje de señal del sensor con el uso del multímetro y con el scanner se puede observar la presión generada en el riel de inyección.

Figura 94. Voltaje de señal del sensor de presión del riel



Fuente: Autores

Se debe tener en cuenta que cuando entra en funcionamiento el tablero didáctico, el valor del voltaje del sensor va a variar de acuerdo a la presión que existe en el riel, en la siguiente tabla se observa la variación de voltaje y de presión en el riel.

Tabla 8. Variación del voltaje y de la presión

RPM del motor	Presión del riel Mpa	Voltaje V
504	58	1.86
625	59	1.88
879	62	1.91
1275	68	1.98

Fuente: Autores

#### 5.1.1.4 Medición eléctrica del sensor CKP.

Se procede a medir la resistencia del sensor CKP, según el manual de Hino Motors da que la resistencia es aproximadamente 108.5  $\Omega$  a 142.5  $\Omega$ , se procede a medir la resistencia con el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en OFF, se desconecta el conector B del mazo de cables en el lado de la ECU, se procede a medir

la resistencia con el multímetro dando una lectura de 114,5  $\Omega$  el cual se encuentra en el rango establecido.

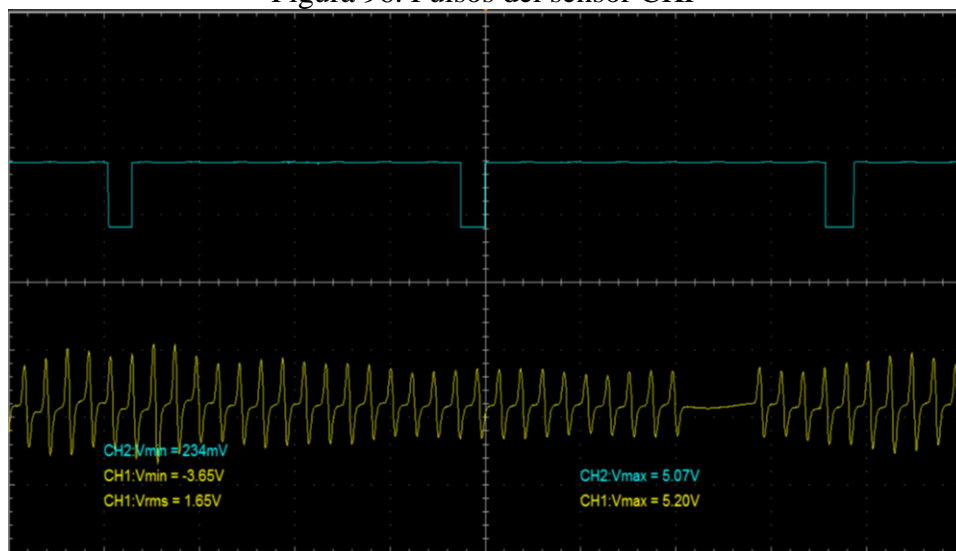
Figura 95. Resistencia del sensor CKP



Fuente: Autores

Según el manual de Hino Motors debe dar una señal de voltaje alterno de 5V, Para observar la señal de pulsos del sensor se procede a medir con el osciloscopio, con el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en posición ON y el sistema en funcionamiento se procede a realizar la medición, se obtiene una lectura de pulsos de voltaje de 0 a 5 V. En la figura 96 se observa los picos de voltaje que genera el sensor CKP lo que indica que el sensor está en buen funcionamiento.

Figura 96. Pulsos del sensor CKP



Fuente: Autores



### 5.1.1.5 Medición eléctrica del sensor CMP.

Se procede a medir el voltaje de activación del sensor CMP, según el manual de Hino Motors da un valor aproximadamente 4.5 V a 5.5 V; con el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en ON se conecta el multímetro en el cable rojo en positivo y el cable negro en negativo el cual da una lectura de 4.98 V lo que indica que se encuentra en los parámetros establecidos por el manual de Hino Motors.

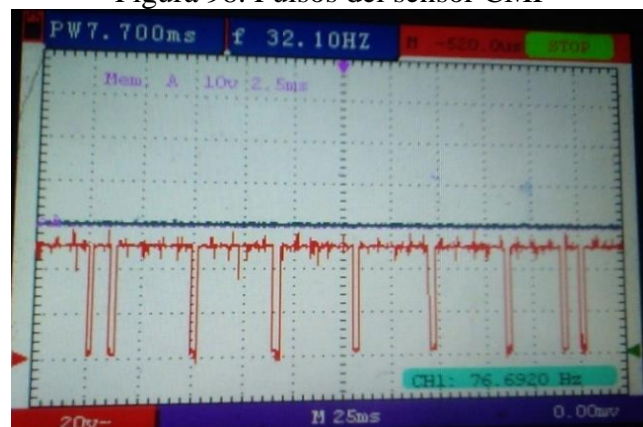
Figura 97. Voltaje de alimentación del sensor CMP



Fuente: Autores

Para observar la señal de pulsos del sensor se procede a medir con el osciloscopio, según el manual de Hino Motors debe haber 7 pulsos entre 0 a 5 V incluyendo la señal extra del pasador, con el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en posición ON y el sistema en funcionamiento se procede a realizar la medición, en la figura 98 se observa pulsos de voltaje que son de 0 a 5.07V que están en los parámetros del manual Hino Motors.

Figura 98. Pulsos del sensor CMP



Fuente: Autores

### 5.1.1.6 Medición eléctrica de la simulación del sensor de temperatura del refrigerante (ECT).

Según el manual de Hino Motors el valor de la resistencia del sensor ECT tiene que estar en el rango de los valores de la tabla 9, si la resistencia no se encuentra en este rango es por mal funcionamiento del sensor.

Tabla 9. Valores del sensor ECT

Resistencia ( $\Omega$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
2.45K $\Omega$	20
1.15K $\Omega$	40
584 $\Omega$	60
318 $\Omega$	80

Fuente: Manual de Hino Motors

Se procede a medir la resistencia del sensor ECT con el multímetro, se coloca el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en OFF y se desconecta el conector D y E del mazo de cables en el lado de la ECU, se procede a medir la resistencia del sensor que varía mediante la simulación de la temperatura que se realiza con el potenciómetro, se obtiene una lectura en un porcentaje de apertura del inyector el cual da un valor de 2.39  $\Omega$  el cual es el valor de resistencia a 20  $^{\circ}\text{C}$  según el manual Hino Motors.

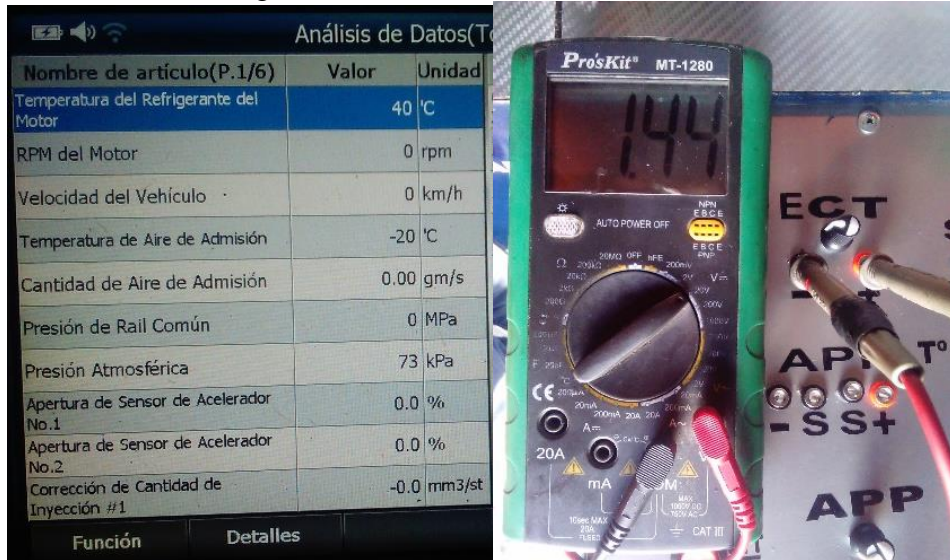
Figura 99. Resistencia del sensor ECT



Fuente: Autores

Para medir la variación de voltaje del sensor ECT que se realiza mediante el potenciómetro, se ubica el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en ON; mediante el multímetro y el scanner se obtiene una lectura de voltaje mínimo de 0.85 V. y un voltaje máximo de 2.33 V.

Figura 100. Simulación del sensor ECT



Fuente: Autores

Se debe tener en cuenta que cuando entra en funcionamiento el tablero didáctico, el valor del voltaje del sensor ECT va a variar de acuerdo a la temperatura la cual se produce mediante la simulación del sensor ECT moviendo el potenciómetro, en la siguiente tabla 10 se observa la variación de voltaje.

Tabla 10. Pruebas del sensor de temperatura del motor

Temperatura (°C)	Voltaje (V)
20	2.33
40	1.44
60	0.85

Fuente: Autores

#### 5.1.1.7 Medición eléctrica de la simulación del sensor APP.

Según el manual de Hino Motors el valor de la señal del sensor APP esta dado en la tabla 11.

Tabla 11. Valores de señal del sensor APP

Sensor	Liberado el pedal	Empujado totalmente el pedal
APP1	0.7-1.0V	3.55-4.4V
APP2	0.7-1.0V	3.7-4.4V

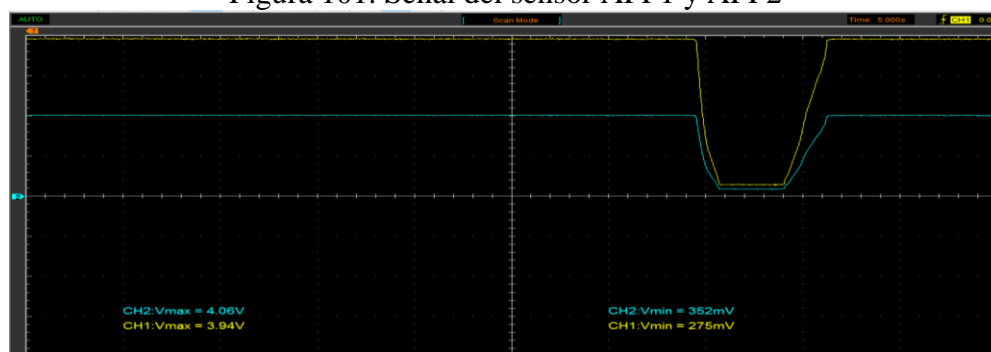
Fuente: Manual de Hino Motors

Con el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en ON, se procede a medir la señal del APP1 y APP2 con el uso del osciloscopio, con la simulación del potenciómetro como si estuviera liberado el pedal del acelerador y empujado totalmente el pedal del acelerador en la figura 101 se observa los valores de voltaje del APP el cual da las siguientes lecturas.

APP1: Voltaje mínimo de 0.27V y voltaje máximo de 3.94V

APP2: Voltaje mínimo de 0.35V y voltaje máximo de 4.06V

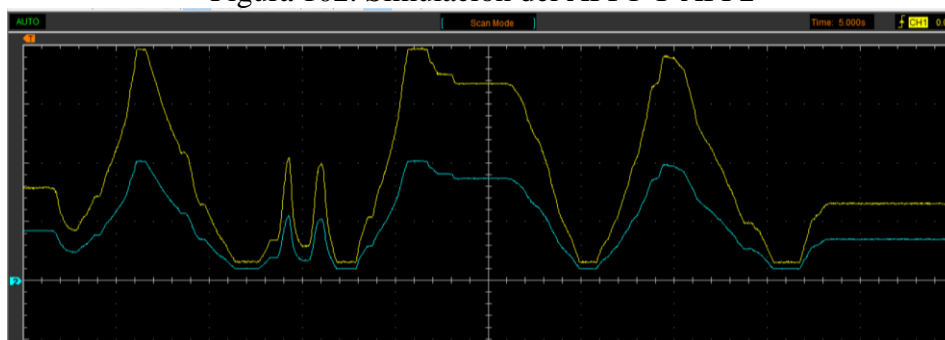
Figura 101. Señal del sensor APP1 y APP2



Fuente: Autores

En la figura 102 se observa la forma de onda al momento de la simulación del APP1 y APP2.

Figura 102. Simulación del APP1 Y APP2



Fuente: Autores

### 5.1.2 Pruebas de funcionamiento de los inyectores.

Se procede a medir la resistencia de uno de los inyectores, según el manual de Hino Motors el valor de resistencia es de  $0.8$  a  $1.0\Omega$ , para verificar este valor el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica tiene que estar en OFF, desconecte el socket del inyector, se coloca la escala del multímetro en  $\Omega$  y se conecta los cables del multímetro en los pines del inyector el cual nos da una lectura de  $0.8\Omega$  el cual se encuentra en los parámetros establecidos por el manual de Hino Motors.

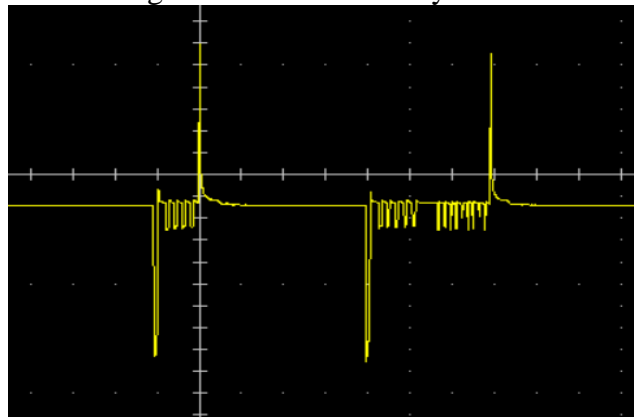
Figura 103. Resistencia del Inyector



Fuente: Autores

Para observar la señal de pulso de activación del inyector se procede a medir con el osciloscopio, coloque el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica en posición ON y ponga en funcionamiento el tablero didáctico; con el uso del osciloscopio se puede observar la gráfica de pulso de inyección ver figura 104, en el cual se observa que tiene una preinyección y una inyección.

Figura 104. Pulsos de inyección




Fuente: Autores




Para realizar las pruebas de funcionamiento de los inyectores se debe disponer de las fichas técnicas de estos inyectores, para poder comprobar si los inyectores están funcionando correctamente se debe poner en funcionamiento el sistema y verificar el caudal de entrega en las probetas y comparar con los datos de las fichas técnicas.

Tabla 12. Comprobación del caudal de entrega en Ralentí

Carga del motor	Arranque	Imagen
Revoluciones rpm	504	
Presión MPa	58	
Ancho de pulso % ms	50% o 2 ms	
Caudal inyectado cm <sup>3</sup>	4.5	


Fuente: Autores

Tabla 13. Comprobación del caudal de entrega en Media Carga

Carga del motor	Ralentí	Imagen
Revoluciones rpm	879	
Presión MPa	62	
Ancho de pulso % ms	30% o 1.0 ms	
Caudal inyectado cm <sup>3</sup>	8	

Fuente: Autores

Tabla 14. Comprobación del caudal de entrega a Plena Carga

Carga del motor	Plena Carga	Imagen
Revoluciones rpm	1275	
Presión MPa	68	
Ancho de pulso % ms	30% o 1.0 ms	
Caudal inyectado cm <sup>3</sup>	11.5	

Fuente: Autores

El caudal de entrega que obtuvimos en las probetas de los inyectores es similares a los datos de la ficha técnica, por lo que se puede determinar que los inyectores se encuentran en perfecto estado de funcionamiento.

## 5.2 Elaboración del manual de usuario.

### 5.2.1 Manual de usuario del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.

#### 5.2.1.1 Componentes del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI:

Figura 105. Partes principales del tablero didáctico



Fuente: Autores

- |                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Fuente de alimentación.       | 9. Inyectores.                       |
| 2. Focos consumidores de voltaje | 10. Probetas.                        |
| 3. Motor de moto.                | 11. Llave de retorno del combustible |
| 4. Caja de Fusibles              | 12. Panel de control.                |
| 5. ECU                           | 13. Palanca de cambio                |
| 6. Bomba de alta presión         | 14. Acelerador                       |
| 7. Filtro                        | 15. Embrague                         |
| 8. Riel.                         | 16. Ahogador                         |

#### **5.2.1.2 Importancia del manual:**



¡Lea el manual antes de trabajar con el equipo!

#### **IMPORTANTE**

Lea atentamente el manual de usuario antes de utilizar el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI, en beneficio de su seguridad y la de los demás.

Recuerde un correcto funcionamiento del tablero didáctico aseguran un rendimiento óptimo de este y prolongan la vida útil del equipo.

#### **5.2.1.3 Ubicación y montaje del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.**

El lugar donde se ha de ubicar el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica diésel CRDI debe ser adecuado para que el operario pueda realizar un buen trabajo en la misma.

Dejar un espacio mínimo de 1 m x 1 m, en todo el perímetro del banco, debidamente señalizado como medida de seguridad.

Colocar el tablero didáctico en un área bien iluminada y a una temperatura ambiente que oscile entre los 9 °C y 30 °C.

Antes de su funcionamiento verificar que el tablero didáctico este en perfectas condiciones de forma que no se produzcan holguras y movimiento dentro del ensamblaje y estructura.

#### **5.2.1.4 Conexiones eléctricas.**

El tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI dispone de alimentación de corriente alterna de 110 V, la entrada de corriente sirve para la activación de la fuente



de alimentación, la cual transforma los 110 V de corriente alterna a 24 V de corriente continua.

Figura 106. Conexión eléctrica de 110 V



Fuente: Autores

#### 5.2.1.5 Panel de control.

El tablero didáctico consta de distintos mandos de control que permiten el funcionamiento de los elementos que serán comprobados de acuerdo a las condiciones de servicio.

Figura 107. Panel de control



Fuente: Autores

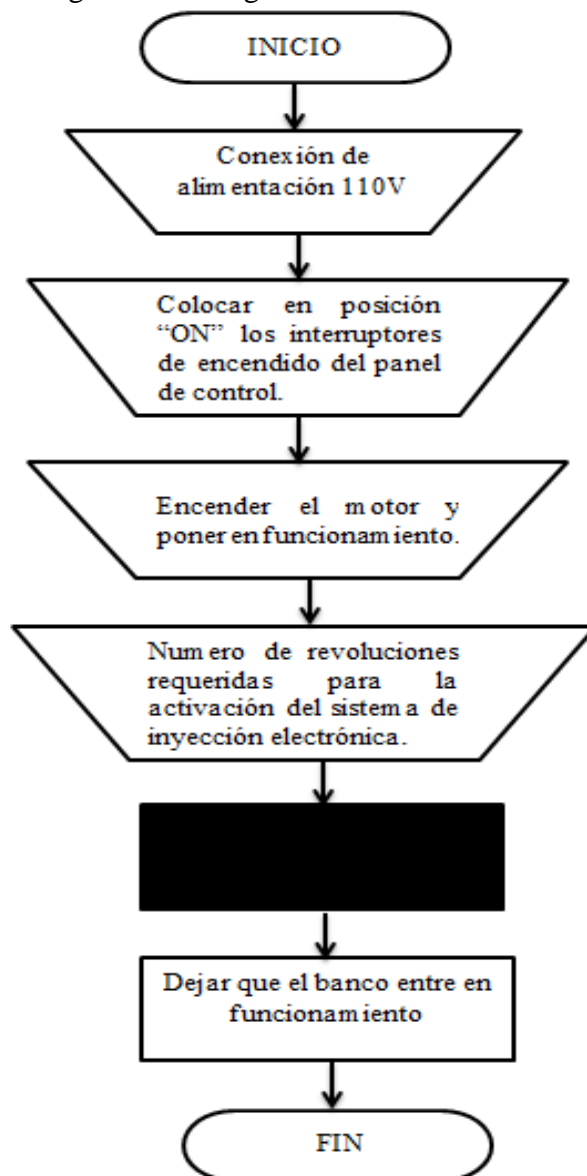
- Interruptor de encendido del motor de la moto.
- Ahogador del carburador del motor de la moto
- Pulsador de encendido del motor de la moto.
- Acelerador del motor de la moto

- Embrague del motor de la moto
- Palanca de cambios del motor de la moto
- Interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica.
- Potenciómetro del APP
- Potenciómetro para variar la resistencia del ECT

### 5.2.2 Operación:

El diagrama de flujo muestra la secuencia de manipulación y órdenes a ejecutar para el correcto funcionamiento del tablero didáctico.

Figura 108. Diagrama de funcionamiento

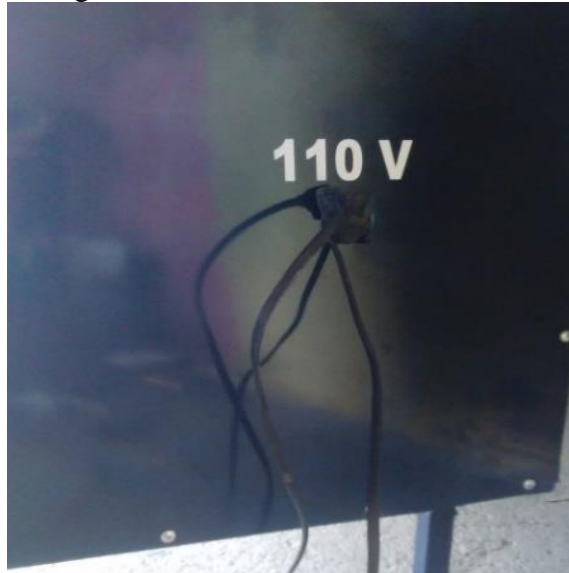


Fuente: Autores

Para el correcto funcionamiento del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI se debe realizar el siguiente proceso:

- Conectar la fuente de alimentación a la toma de corriente de 110 V.

Figura 109. Conexión de alimentación



Fuente: Autores

- Verificar que las tres lámparas de indicación estén encendidas, caso contrario revisar las lámparas.

Figura 110. Focos consumidores



Fuente: Autores

- Colocar en posición neutro el motor de la moto, mediante la palanca de cambios antes del encendido del motor.

Figura 111. Palanca de cambios



Fuente: Autores

- Colocar en posición “ON” el interruptor de encendido del motor de la moto que activa el circuito para encender el motor.

Figura 112. Interruptor de encendido del motor



Fuente: Autores

- Halar el ahogador antes del encendido del motor.

Figura 113. Ahogador del motor



Fuente: Autores

- Mantener una aceleración suave mediante la palanca del acelerador de la moto.

Figura 114. Acelerador de la moto



Fuente: Autores

- Pulsar el pulsador de encendido del motor de la moto, para que encienda el motor.

Figura 115. Pulsador de encendido del motor



Fuente: Autores

- Una vez en ralentí el motor proceder a desactivar el ahogador del motor.

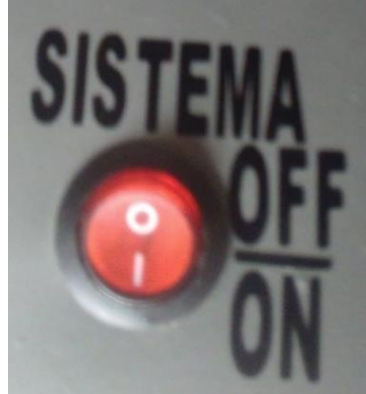
Figura 116. Ahogador del motor



Fuente: Autores

- Colocar en posición “ON” el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica para que active el circuito del tablero didáctico.

Figura 117. Interruptor de encendido del sistema de inyección



Fuente: Autores

- Embragar el motor de la moto mediante la palanca de embrague.

Figura 118. Palanca de embrague



Fuente: Autores

- Colocar en primera el motor de la moto mediante la palanca de cambios.

Figura 119. Palanca de cambios



Fuente: Autores



- Soltar el embrague suavemente mediante la palanca del embrague, y a su vez acelerar suavemente mediante el acelerador del motor.

Figura 120. Embrague y acelerador del motor



Fuente: Autores

- Mantener una aceleración constante a pocas revoluciones, para proceder hacer las mediciones en el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.

Figura 121. Aceleración constante del motor



Fuente: Autores

- Una vez terminada las mediciones para proceder a su apagado se debe realizar el siguiente proceso. Embragar el motor de la moto mediante la palanca del embrague y colocar en neutro el motor mediante la palanca de cambios.

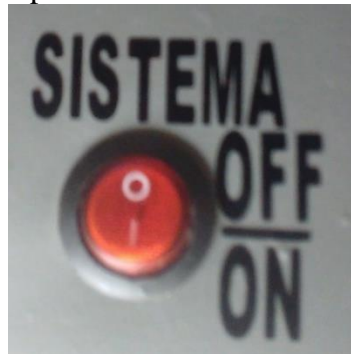
Figura 122. Embrague y palanca de cambios



Fuente: Autores

- Colocar en posición “OFF” el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica para desactivar el circuito del tablero didáctico.

Figura 123. Interruptor de encendido del sistema de inyección



Fuente: Autores

- Colocar en posición “OFF” el interruptor de encendido del motor de la moto para que desactive el circuito de encendido del motor y se apague el motor.

Figura 124. Interruptor de encendido del motor



Fuente: Autores



- Abrir la llave de retorno para el vaciado del diésel de las probetas.

Figura 125. Llave de retorno del combustible



Fuente: Autores

- Desconectar la fuente de alimentación de la toma de corriente de 110V.

Figura 126. Conexión de alimentación



Fuente: Autores

### **5.3 Plan de mantenimiento del tablero didáctico.**

Para el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI se ha diseñado un plan de mantenimiento y seguridad con el objetivo que el tablero didáctico funcione de manera eficiente y brinde seguridad al operador que se encuentran dentro del área de trabajo, este plan se muestra en el anexo D.

### **5.4 Guías de prácticas del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.**

#### **5.4.1 Recomendaciones generales.**

Utilizar equipos de protección personal antes de las prácticas.

Antes de poner en funcionamiento tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI hacer una inspección visual de los elementos.

Antes de activar el interruptor de encendido del sistema de inyección electrónica, verificar que los tres lámparas de indicación estén encendidas.

Revisar las guías de prácticas que se indican en el anexo E y seguir el procedimiento indicado.

Utilizar equipos de medición adecuados para la práctica

Al poner el banco en funcionamiento tener precaución y seguridad del operario y participantes que estén en el área de trabajo, respetar señaléticas indicadas en el equipo.

#### **5.4.1.1** *Tiempo estimado para realizar las mediciones de los diferentes elementos electrónicos del tablero didáctico.*

Al realizar las prácticas de laboratorio que se indican en el anexo E, el estudiante debe seguir las indicaciones planteadas utilizando herramientas y equipos descritos en las guías de práctica, a continuación se muestra el tiempo necesario que debe utilizar el estudiante para cada uno de las mediciones.

Tabla 15. Tiempo estimado de prácticas

<b>Trabajo a realizar</b>	<b>Tiempo práctico</b>	<b>Tiempo mínimo</b>	<b>Tiempo máximo</b>
Mediciones eléctricas de los componentes del sistema de inyección electrónica CRDI.	10 minutos	7 minutos	15 minutos
Obtener graficas de los pulsos de voltaje del: CMP, CKP, inyectores y válvula SCV.	15 minutos	10 minutos	20 minutos
Obtener información del sistema de inyección electrónica CRDI mediante el scanner Automotriz.	8 minutos	5 minutos	10 minutos

Fuente: Autores

## CAPITULO VI

### 6. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

La construcción del tablero didáctico del sistema de inyección diésel de riel común ha sido ejecutada con el proposito de entregar un equipo de gran beneficio para el laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz, razón por la cual se detallan los costos directos e indirectos del tablero didáctico.

#### 6.1 Costos Directos.

Tabla 16. Costos de sistema mecánico

<b>SISTEMA MECÁNICO</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario USD</b>	<b>Valor total USD</b>
1	Depósito de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanque de diésel</li> <li>- Tanque de gasolina</li> <li>- Construcción del retorno de combustible en el tanque de diésel</li> <li>- Suelda de la base del tanque de diésel</li> <li>- Espárragos y tuercas</li> </ul>	20,00 10,00 8,00 3,00 3,00	44,00
1	Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cañerías de baja presión.</li> <li>- Filtro de combustible.</li> <li>- Acoples de cañerías</li> <li>- Diésel</li> </ul>	10,00 15,00 5,00 2,00	32,00
1	Acople de mecanismo del banco didáctico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de acoplamiento de bomba de alta presión (base de bomba, banda bomba –motor.)</li> <li>- Pernos y tuercas</li> <li>- Motor de moto</li> <li>- Poleas</li> <li>- Bandas</li> </ul>	10,00 3,00 100,00 10,00 15,00	138,00

1	Accesorios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probetas</li> <li>- Calcomanía</li> <li>- Vidrio</li> <li>- Llave de retorno de combustible</li> </ul>	30,00 10,00 15,00 4,00	59
1	Sistema de alta presión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bomba de alta presión</li> <li>- Cañerías de alta presión.</li> <li>- Inyectores electrónicos Densos.</li> <li>- Riel de inyectores</li> <li>- Válvula de descarga</li> </ul>	300,00 35,00 500,00 100,00 50,00	985,00
1	Construcción de la estructura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuvo estructural negro cuadrado.</li> <li>- Tiñer, lijas, pintura</li> <li>- Electrodo E6011</li> <li>- Planchas de tol</li> <li>- Bisagras</li> <li>- Estructura para soporte del vidrio</li> </ul>	30,00 20,00 10,00 25,00 5,00 10,00	100,00
<b>TOTAL</b>				<b>1358,00 USD</b>

Fuente: Autores

Tabla 17. Costos de sistema eléctrico y electrónico

<b>SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario USD</b>	<b>Valor total USD</b>
1	Sistema eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cables</li> <li>- Transformador de voltaje</li> </ul>	5,00 20,00	25,00
1	Componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensores</li> <li>- Computadora</li> </ul>	100,00 200,00	300,00
<b>TOTAL</b>				<b>325 USD</b>

Fuente: Autores

Tabla 18. Costos totales directos

<b>COSTOS TOTALES DIRECTOS</b>	<b>1683,00 USD</b>
--------------------------------	--------------------

Fuente: Autores

## 6.2 Costos indirectos.

Tabla 19. Costos indirectos

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Transporte	50,00
Asesoría técnica electrónica	40,00
Documentación e investigación	80,00
Varios	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>270,00 USD</b>

Fuente: Autores

## 6.3 Costo total.

Tabla 20. Costos totales

<b>Costos directos</b>	1683,00
<b>Costos indirectos</b>	270,00
<b>TOTAL</b>	<b>1953,00 USD</b>

Fuente: Autores

## 6.4 Análisis beneficio costo.

El análisis de beneficio – costo es una técnica que evalúa la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración de factores económicos y de servicio, prestando importancia y cuantificación de los efectos sociales y/o económicas.

Para la construcción del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI se realiza un análisis beneficio costo de la inversión económica realizada en la obtención de los diferentes elementos que formaran parte del tablero didáctico. Se considera que el costo es un poco elevado, sin embargo esta inversión brinda grandes beneficios al laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz, ya que para los estudiantes será una herramienta de gran utilidad y aprendizaje al manipular equipos de tecnología avanzada como es un Tablero didáctico de sistema de inyección electrónica CRDI.

## **CAPITULO VII**

### **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **7.1 Conclusiones**

Se elaboró con éxito el tablero didáctico del sistema de inyección diésel de riel común aplicado a los camiones para el laboratorio de inyección electrónica de la escuela de ingeniería automotriz.

Se realizó una investigación y un estudio amplió del funcionamiento del sistema de inyección electrónica CRDI en función del estudio actual del arte, con los cuales se obtuvo los conocimientos necesarios para la elaboración del tablero didáctico

El software de diseño fue de gran ayuda para el análisis y elaboración de la estructura del tablero didáctico y para la selección adecuada de los materiales que se utilizarán en la elaboración de la misma.

La construcción del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI se la realizó con éxito.

Se efectuó las diferentes pruebas para verificar su correcto funcionamiento y se elaboró un plan de mantenimiento del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica CRDI.

El presupuesto del proyecto se considera que es relativamente elevado, sin embargo, esta inversión brinda grandes beneficios al estudiante ya que será una herramienta de gran utilidad y aprendizaje.

#### **7.2 Recomendaciones**

Utilizar equipo de protección personal antes de manipular el tablero didáctico para evitar algún tipo de lesión.

Revisar que las cañerías de alta presión se encuentren con el torque correcto, para evitar fugas de diésel y así impedir algún tipo de riesgo al operador.

Verificar que no exista aire en el sistema de inyección electrónica ya que si existe no habría presión en el sistema.

Utilizar los equipos adecuados para las mediciones eléctricas y así evitar daños en los mismos o en el tablero didáctico.

## BIBLIOGRAFÍA

**Alarcon, Cesar & Jaramillo, Juan.** dspace.ups.edu.ec [en línea] Noviembre de 2007. [Consulta: 23 de Septiembre de 2014]. Disponible en: [dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf).

**Augeri, Fernando.** www.cise.com[en línea] 20 de Abril de 2011. [Consulta: 06 de Noviembre de 2014]. Disponible en: [www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html](http://www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html).

**Auto Avance.** *Automotriz*[blog]. [Consulta: 29 de Mayo de 2013]. Disponible en: <http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/147-valvula-reguladora-de-presion-sistemas-diesel-common-rail/147-valvula-reguladora-de-presion-sistemas-diesel-common-rail>.

**Beru.** *Grovisa*[en línea]. [Consulta: 14 de Abril de 2015]. Disponible en: <http://www.grovisa.com/grovisa/mybox/cms/1810.pdf>.

**CORAL DE LA CADENA, Fabián Alejandro.** Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel crdi para la escuela de ingeniería automotriz [Tesis]. Espoch, Mecanica, Automotriz. Riobamba-Ecuador. 2013. pp. 7-86. [Consulta:18-08-2014]. Disponible en: [dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf](http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf).

**Manual De Servicio Denso.** crdensoservismanual.pdf[en línea] 02 de Septiembre de 2007.[Consulta: 15 de Octubre de 2015]. Disponible en: <http://steldiesel.ru/files/crdensoservismanual.pdf>.

*Ful mecanica* [en línea]. Disponible en: <http://www.fullmecanica.com/definiciones/i/744-inyeccion-electronica-diesel>.

**Karl-Heinz Dietsche.** es.wikipedia.org[en línea] 27 de Noviembre de 2010. [Consulta: 05 de Noviembre de 2014.] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Common-rail>.

**MEGANEBY, Dani.** Aficionadosalamecanica[en línea] 2004. [Consulta: 15 de Abril de 2015.] Disponible en: [http://www.aficionadosalamecanica.net/common\\_rail7.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail7.htm).

**Rosales, Gerardo Sandoval.** Classic [blog] 07 de Junio de 2013. [Consulta: 27-04-2015.]. Disponible en: <http://campus160.blogspot.com/2013/06/3-sandoval-rosales-gerardo-sensor-ckp.html>.